Mariana Cordun

KINANTROPOMETRIE





EDITURA CD PRESS
www.cdpress.ro

MARIANA CORDUN

KINANTROPOMETRIE



EDITURA CD PRESS

2009

Editor: Costin DIACONESCU

Redactor: Mariana CORDUN
Tehnoredactor: Banu GHEORGHE
Coperta: Roxana GÎRCEAG

Referent: Prof. Univ. Cons. Dr. Membru al Academiei de Ştiinţe Medicale
Ioan DRĂGAN

Editura CD PRESS
Bucureşti, Str. Logofăt Tăutu, nr. 67, sector 3
Cod 031212
Tel.: 021.337.37.17, 337.37.27, 337.37.37
Fax: 021.337.37.57
e-mail: office@cdpress.ro

Editura CD PRESS este recunoscută de Consiliul Naţional al Cercetării Ştiinţifice din Învăţământul Superior (CNCSIS). www.cncsis.ro

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României

CORDUN, MARIANA
Kinantropometrie / Mariana Cordun. - Bucureşti :
CD PRESS, 2009
Bibliogr.
ISBN 978-606-528-030-4

615.8
796/799(075.8)

KINANTROPOMETRIE

Editor: Costin DIACONESCU

Redactor: Mariana CORDUN
Tehnoredactor: Badiu GHEORGHE
Coperta: Bogdan GÎRLEA

Referent: Prof. Univ. Dr. membru al Academiei de Ştiinţe Medicale
Ioan DRĂGAN

Editura CD PRESS
[illegible]
[illegible]
Tel.: 021 337 37 47; 317 37 27; 332 37 67
Fax: 021 314 19 20
e-mail: [illegible]

Editura CD PRESS este recunoscută de Consiliul Naţional al Cercetării Ştiinţifice din Învăţământul Superior (CNCSIS), www.cncsis.ro

Descrierea CIP a Bibliotecii Naţionale a României

CORDUN, MARIANA
Kinantropometrie / Mariana Cordun. - Bucureşti : CD PRESS, 2009
Bibliogr.
ISBN 978-973-528-030-4

611.8
796/799(075.8)

Prefață

Prefațez cu plăcere și deosebit interes această lucrare „Kinantropometrie", scrisă de prof. univ. dr. Mariana Cordun (ANEFS – Facultatea de Kinetoterapie), lucrare ce vine să completeze un gol existent în literatura de specialitate din țara noastră.

Prin conținut și mod de prezentare lucrarea de față excede cerințele unui manual de specialitate pentru studenții în educație fizică și sport, kinetoterapie sau medicină, masteranzii în educație fizică și sport, kinetoterapie, elevii școlii de antrenori etc. și se apropie de exigențele unei monografii de specialitate, indispensabilă celor care își clădesc o carieră universitară în sport sau în kinetoterapie.

Lucrarea este sistematizată în 17 capitole (*Conceptul de antropologie; Kinantropometria; Măsurători antropometrice; Auxologia și antropometria în dinamica vârstelor; Înălțimea corpului – indicator al creșterii și dezvoltării fizice; Greutatea corporală – indicator al creșterii și dezvoltării fizice; Compoziția corporală; Tipuri constituționale; Mobilitatea articulară și suplețea mișcărilor; Musculatura scheletică în condiții dinamice; Postura corporală; Metode și tehnici pentru investigare a echilibrului; Metode și tehnici de investigare a mersului și a alergării; Măsurarea și evaluarea funcțiilor pulmonare; Măsurarea și evaluarea funcției cardiace; Metode de evaluare a consumului energetic; Măsurarea și evaluarea capacității de efort*), conține numeroase ilustrații, grafice, tabele, nomograme, scheme etc.

Un stil accesibil și o bibliografie adecvată, recentă oferă acestei monografii atributul unei lucrări moderne cu date la zi ce își găsesc aplicativitatea în activitatea zilnică de specialitate.

Îmi permit să apreciez că este o primă încercare editorială modernă cu această temă, care pe lângă valoarea informativă utilă celor interesați, se transformă într-un instrument de lucru în practica curentă.

Iată numai câteva argumente ce mă îndreptățesc să adresez felicitări autoarei pentru această nouă reușită editorială și îmi conferă privilegiul de a insista pe lângă cei interesați să includă în biblioteca personală de specialitate această valoroasă lucrare!

Prof. univ. cons. Dr. Ioan Drăgan
UMF „Carol Davila" București
Membru al Academiei de Științe Medicale

Prefață

Prefațez cu plăcere și deosebit interes această lucrare „Kinantropometrie", scrisă de prof. univ. dr. Mariana Cordun (ANEFS – Facultatea de Kinetoterapie), lucrare ce vine să completeze un gol existent în literatura de specialitate din țara noastră.

Prin conținut și mod de prezentare lucrarea de față excede cerințele unui manual de specialitate pentru studenții în educație fizică și sport, kinetoterapie sau medicină, masteranzii în educație fizică și sport, kinetoterapie, elevii școlii de antrenori etc. și se apropie de exigențele unei monografii de specialitate, indispensabilă celor care își clădesc o carieră universitară în sport sau în kinetoterapie.

Lucrarea este sistematizată în 17 capitole (*Conceptul de antropologie; Kinantropometria; Măsurători antropometrice; Auxologia și antropometria în dinamica vârstelor; Înălțimea corpului – indicator al creșterii și dezvoltării fizice; Greutatea corporală – indicator al creșterii și dezvoltării fizice; Compoziția corporală; Tipuri constituționale; Mobilitatea articulară și suplețea mișcărilor; Musculatura scheletică în condiții dinamice; Postura corporală; Metode și tehnici pentru investigarea echilibrului; Metode și tehnici de investigare a mersului și a alergării; Măsurarea și evaluarea funcțiilor pulmonare; Măsurarea și evaluarea funcției cardiace; Metode de evaluare a consumului energetic; Măsurarea și evaluarea capacității de efort*), conține numeroase ilustrații, grafice, tabele, nomograme, scheme etc.

Un stil accesibil și o bibliografie adecvată, recentă dau acestei monografii atributul unei lucrări moderne cu date la zi ce își găsesc aplicativitatea în activitatea zilnică de specialitate.

Îmi permit să apreciez că este o primă încercare editorială modernă cu această temă, care pe lângă valoarea informativă utilă celor interesați, se transformă într-un instrument de lucru în practica curentă.

Iată numai câteva argumente ce mă îndreptățesc să adresez felicitări autoarei pentru această nouă reușită editorială și îmi conferă privilegiul de a insista pe lângă cei interesați să includă în biblioteca personală de specialitate această valoroasă lucrare!

Prof. univ. cons. Dr. Ioan Drăgan
UMF „Carol Davila" București
Membru al Academiei de Științe Medicale

Cuvânt – înainte

Elaborarea unei lucrări cu această temă poate fi considerată un act temerar, având în vedere extensia domeniului, caracterul interdisciplinar, actualitatea, dar şi dinamismul posibilităţilor de evaluare antropometrică. Dacă până nu demult investigarea antropometrică se limita la starea de repaus, aparatura modernă şi tehnologiile avansate au deschis noi perspective de explorare a fiinţei umane în mişcare şi de interpretare a unor măsurători tot mai complexe şi precise, efectuate în situaţii biomecanice tot mai diverse, de la activităţi uzuale, profesionale şi până la tehnici sportive subtile.

În acest context, pornind de la faptul că motricitatea este o caracteristică definitorie a omului, cu determinări şi roluri multiple, constând în menţinerea stării de sănătate, obţinerea performanţelor sportive, recuperare medicală, formarea personalităţii, recreere etc. lucrarea îşi propune abordarea Kinantropometriei dintr-un punct de vedere personal, pe baza unei sinteze a cunoştinţelor provenite din ştiinţe distincte, cu delimitări, dar şi cu intersecţii specifice, care vizează sfera de preocupări legată de fiinţa umană sub aspectul mişcării şi al efectelor acesteia.

Lucrarea este structurată în 17 capitole şi începe cu definirea locului şi a rolului antropobiologiei şi sistematizarea ramurilor antropologiei, demers dificil având în vedere diferenţele de opţiuni dintre diversele şcoli de antropologie, generate şi de coexistenţa dualismului modernism – tradiţie.

După această parte introductivă, absolut necesară pentru înţelegerea extensiei domeniului, am abordat efectiv tema propusă, cu o serie de precizări terminologice, aplicaţii ale kinantropometriei şi măsurători antropometrice. Capitolul 4 – „Auxologia şi antropometria în dinamica vârstelor" – explică metamorfoza umană obiectivizată biologic şi încheie partea generală cu cercetări privind influenţa factorilor culturali asupra stilului de viaţă şi a efectelor secular trend asupra performanţelor motrice.

Începând cu al 5-lea capitol, lucrarea prezintă parametrii dezvoltării fizice şi ai stării de nutriţie (înălţime, greutate, compoziţie corporală, forţă musculară, mobilitate şi supleţe articulară etc.), ai capacităţii funcţionale şi de efort a organismului. Aceştia sunt sistematizaţi pe criterii moderne, măsuraţi prin metode, teste, aparate şi dispozitive clasice, dar şi prin tehnologii de vârf.

Am insistat asupra normelor şi variaţiilor fiziologice individuale şi interindividuale ale acestor parametri, datorate determinismului genetic şi evoluţiei ontogenetice în funcţie de vârstă, sex etc. în diverse contexte socioculturale. Prezentarea standardelor ne-a permis încadrarea subiecţilor în stările de normalitate, de excelenţă sportivă sau în afara acestora, în sensul excesului sau al insuficienţei.

Toate aceste aspecte sunt susţinute de un suport biologic detaliat şi actualizat, bazat

pe cunoştinţe de anatomie şi biomecanică, metabolism şi nutriţie, fiziologie şi fiziopatologie, medicină şi performanţă în sport. Fiecare capitol oferă, în acelaşi timp, soluţii concrete, obiective pentru rezolvarea problemelor din biomecanică, auxologie, medicină, nutriţie, educaţie fizică şi sport, recuperare medicală, ergonomie etc., confirmând caracterul interdisciplinar al temei şi necesitatea unei abordări sistemice.

Consider că experienţa acumulată în cei 25 de ani de activitate didactică în cadrul Academiei Naţionale de Educaţie Fizică şi Sport, perfecţionarea medico-sportivă şi tot atâţia ani de îndrumare lucrări de licenţă, studii aprofundate şi, mai nou, de doctorat şi masterat în domeniul „Educaţie Fizică şi Sport" au stat la baza elaborării acestei lucrări, a cărei utilitate se impune în alcătuirea lucrărilor ştiinţifice din domeniu, cu deosebire în elaborarea cercetărilor ce vizează în primul rând aspecte de natură antropometrică. În acelaşi timp, am încercat să răspund exigenţelor unei ştiinţe care îşi conturează o nouă identitate, şi care a devenit de curând disciplină de studiu în planurile de învăţământ ale studiilor universitare de doctorat şi masterat, ca urmare a creşterii calităţii învăţământului superior şi a alinierii acestuia la standardele europene şi internaţionale.

Lucrarea este utilă şi medicilor, antrenorilor, kinetoterapeuţilor, profesorilor de educaţie fizică şi sport, responsabililor cu pregătirea fizică etc., deoarece, oricât de sofisticate sunt şi oricât vor evolua tehnicile de măsurare şi evaluare a parametrilor stării de sănătate, acestea nu vor putea înlocui sau minimaliza experienţa acumulată în activitatea lor directă cu sportivi, elevi sau pacienţi. Numai specialişti cu profiluri diferite sunt în măsură să aplice metode epidemiologice şi statistice de cercetare şi interpretare a rezultatelor „Kinantropometriei" în termeni de evoluţie, selecţie şi predicţie a performanţelor.

În final, îmi revine datoria de onoare să mulţumesc pe acestă cale domnilor prof. univ. dr. Adrian Dragnea şi prof. univ. dr. Ioan Drăgan, teoreticieni şi practicieni de valoare incontestabilă în ştiinţele motricităţii umane, care m-au ajutat cu sfaturi şi materiale de ultimă oră în elaborarea acestei dificile lucrări.

Prof. Univ. Dr. Cordun Mariana

iulie 2009

Introducere

Kinantropometria a apărut ca rezultat al modificării dimensiunilor corpului omenesc, consecinţă a schimbărilor survenite în stilul de viaţă, nutriţie, nivel de activitate, compoziţie etnică a populaţiei etc.

Promovarea ei a început în anul 1978, la iniţiativa unui grup de specialişti, reuniţi în Brazilia, prilej cu care s-a constituit„ International Working Group in Kinanthropometry".

Eforturile acestui grup s-au concretizat abia în anul 1986, când la Conferinţa de la Glasgow, care a reunit delegaţi din 34 de ţări, s-a decis constituirea unei organizaţii ştiinţifice şi profesionale internaţionale, care să promoveze şi să intensifice cercetarea kinantropometrică. Această organizaţie poartă numele de International Society for Advancement of Kinanthropometry (ISAK) şi a reuşit să impună Kinantropometria în aria domeniului antropometrie.

Specialiştii în Kinantropometrie, şcolarizaţi de ISAK, sunt recunoscuţi astăzi în numeroase ţări.

Ca ramură a antropologiei, kinantropometria s-a constituit din dorinţa de a direcţiona cu mai multă precizie corpul omenesc în acţiune, ca sistem dinamic complex.

Capitolul 1

CONCEPTUL DE ANTROPOLOGIE

1.1. DEFINIŢII

1.2. RAMURILE ANTROPOLOGIEI

1.3. ANTROPOLOGIA BIOLOGICĂ

1.1. Definiţia antropologiei

Preocuparea privind natura umană datează din cele mai vechi timpuri, date străvechi înfăţişând omul în diferite ipostaze (muncă, vânătoare, dans, atitudini, război ş.a.), singur, în grupuri sau alături de animale.

Pe parcursul dezvoltării omenirii, cu deosebire a societăţii omeneşti şi a culturii, s-a constituit şi ştiinţa despre om, cunoscută azi sub numele de **antropologie**. În sens larg, aceasta tratează fenomenul om, esenţa acestuia, raporturile sale cu universul, cu natura, cu alte cuvinte cu tot ce-l înconjoară şi îi determină existenţa. În sens restrâns, antropologia abordează omul din perspectiva ştiinţelor, aplicând metodele şi conceptele ce aparţin acestora, din care rezultă tot atâtea puncte de vedere.

Termenul de antropologie a fost folosit prima dată de Magnus Hundt, în anul 1501 (Antropologia de hominis dignitate, natura et proprietatibus). Ca ştiinţă, a început să se afirme în secolul XIX, când s-au conturat două domenii distincte de cercetare: cel fizic-biologic şi cel sociocultural.

Într-o primă fază, antropologia s-a constituit ca antropobiologie, ca o zoologie a speciei şi raselor umane, capitolele principale fiind taxonomiile, paleontologia (antropogeneza) şi variabilitatea în spaţiu şi timp. În acest înţeles, relativ limitat, antropologia a dezvoltat tehnici cantitative (antropometria) şi a acordat preferinţă studiilor de morfologie, biometrie şi genetică. În acest fel, s-a încercat abordarea omului în multilateralitatea sa biologică.

Antropologia modernă abordează omul în interacţiunea sa organism-mediu social. Omul nu poate fi înţeles în specificul său dacă nu este interpretat pe fondul apariţiei vieţii pe pământ şi al produselor adaptative, cultura şi societatea.

În acest sens, antropologia apare ca ştiinţă complexă, bio-psiho-socială, care se ocupă de omul fosil, de populaţii de indivizi cu fondul lor genetic, de influenţele mediului natural şi social etc. (schema 1.1).

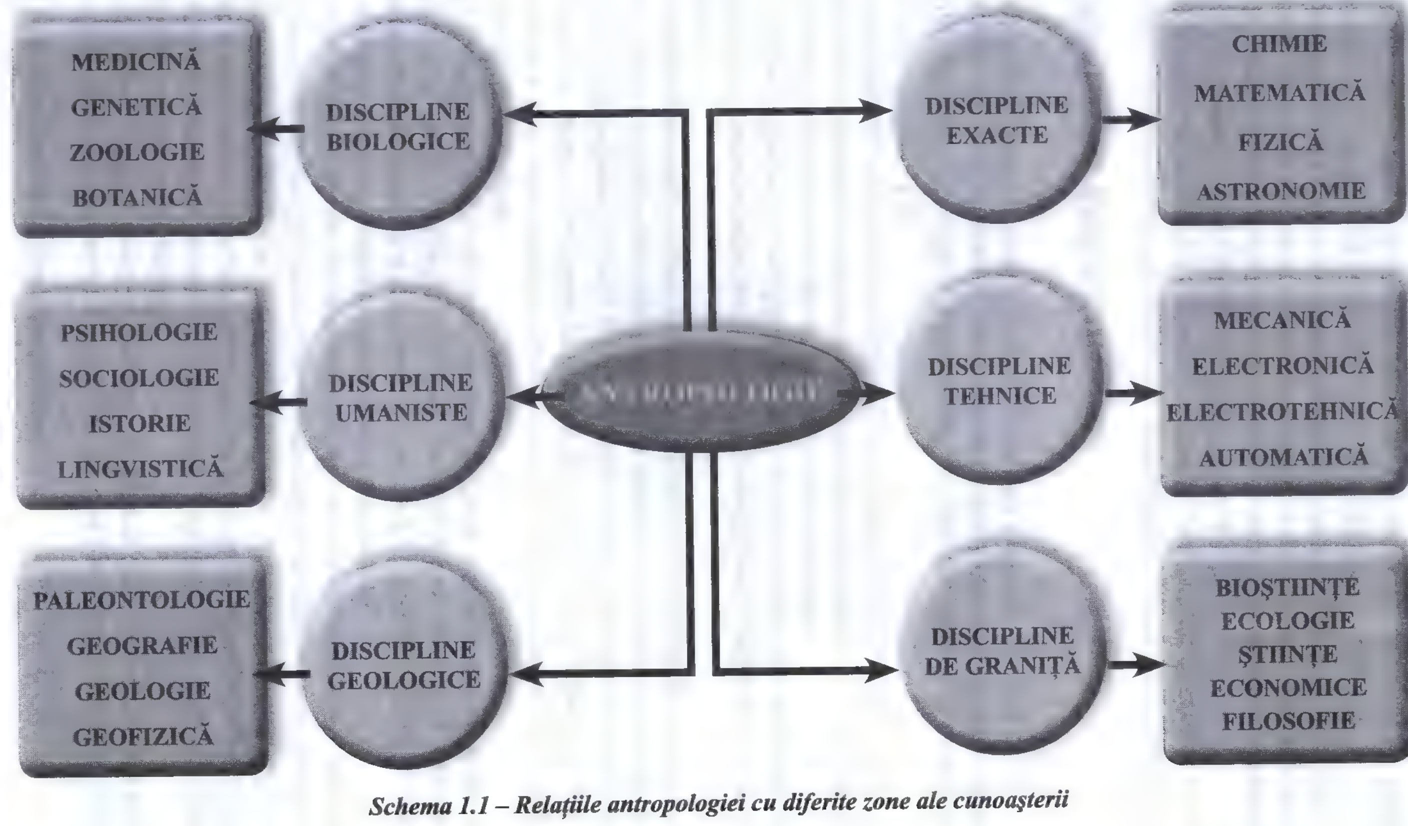
Antropologia devine astfel, o ştiinţă multi- şi interdisciplinară, al cărei obiect de cercetare este omul, cu originea şi devenirea sa ca fiinţă biologică, a cărei existenţă se desfăşoară într-un mediu natural şi altul sociocultural, influenţat şi creat de el.

1.2. Ramurile antropologiei

Principalele ramuri (grupuri de ştiinţe) ale antropologiei sunt: antropologia biologică, denumită şi fizică, antropologia socială şi culturală (care include şi ştiinţele umaniste), antropologia filosofică şi antropologia politică (schema 1.2).

Antropologia biologică (include şi kinantropometria) a urmat o istorie marcată de mai mulţi oameni de ştiinţă, care prin studiile şi lucrările lor au dezvoltat antropologia, transformând-o într-o ştiinţă de o complexitate uneori dificil de circumscris ca preocupări, dar şi datorită dinamismului cu care aceasta se dezvoltă în zilele noastre.

Fondatorul antropologiei moderne este, după unii autori, P. Broca (1824 – 1880), anatomist şi antropolog francez, care a susţinut că zoologia, anatomia, fiziologia, paleobio-



Schema 1.1 – Relațiile antropologiei cu diferite zone ale cunoașterii

logia, filologia, geologia şi arheologia fac parte dintr-o ştiinţă nouă, denumită antropologie fizică. Alţi specialişti susţin că Francis Boas (fig. 1.1), antropolog american de origine germană, este fondatorul antropologiei moderne. Claude Levi-Strauss (antropolog francez) îl aprecia ca fiind „unul dintre titanii secolului XIX, a cărui operă impune respect, nu numai prin cantitate, ci şi prin diversitate: antropologie fizică, lingvistică, etnografie, arheologie, mitologie, folclor etc.".

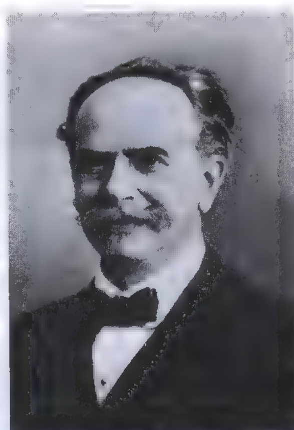
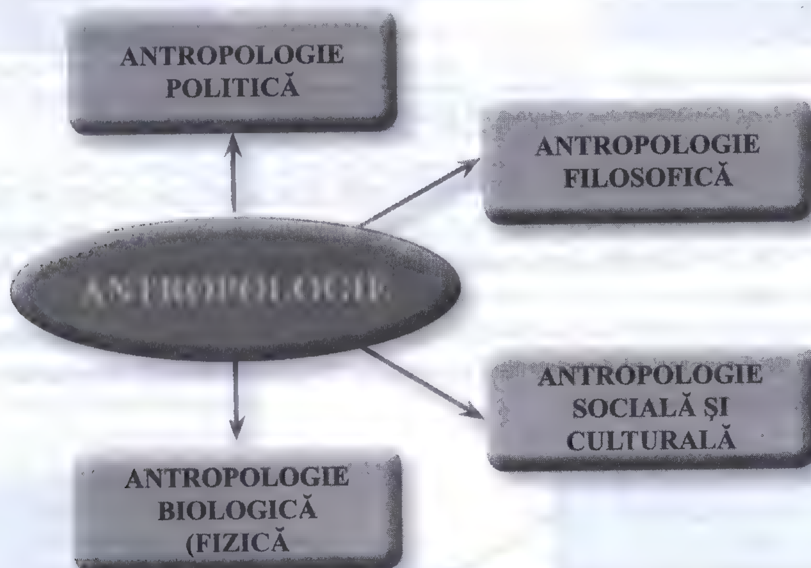


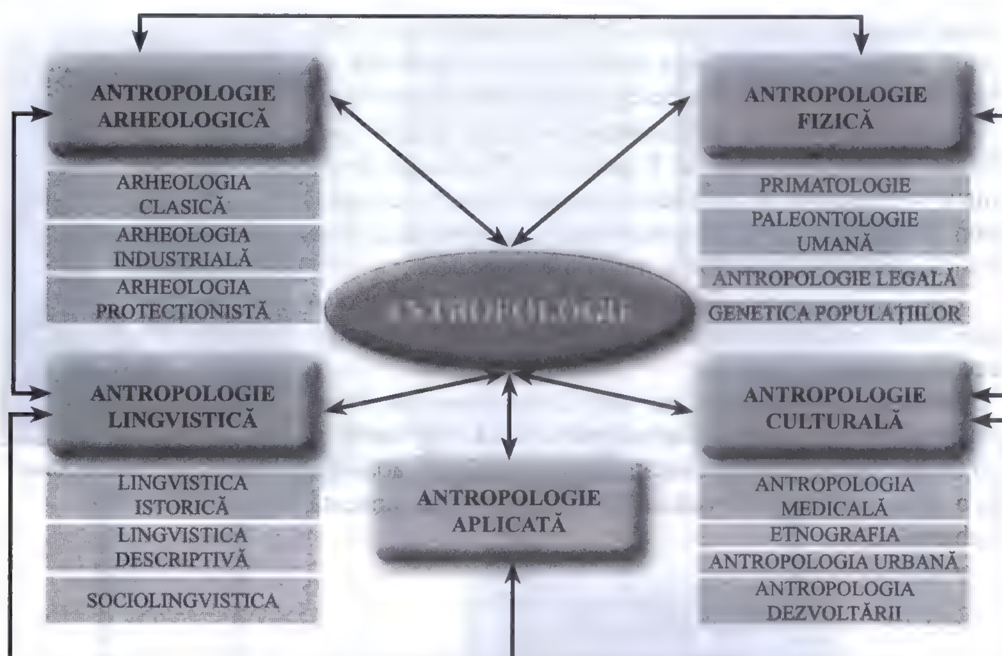
Fig. 1.1 – Francis Boas (1858-1942)

Francis Boas a consolidat statutul ştiinţific al antropologiei, toate ramurile antropologiei americane bazându-se pe opera acestuia.

Ramurile antropologiei au fost sistematizate de Francis Boas în: antropologie arheologică, fizică, lingvistică şi culturală. La acestea, cercetătorii americani au adăugat în a doua jumătate a secolului XX şi antropologia aplicată (schema.1.3).



Schema 1.2 – Ramurile principale ale antropologiei



Schema. 1.3 – Ramurile și subramurile antropologiei (SUA)

La noi în țară s-a dezvoltat o puternică școală de antropologie, în special biologică, întemeiată de Fr. Rainer, V. Papillian, V. Preda (având ca precursori pe Iacob Cihac, Emil Racoviță, Carol Davila), continuată de C. I. Parhon, Șt. Milcu, C. Nicolăescu-Plopșor, V. Săhleanu și alții.

Din punctul de vedere al specialiștilor români care își desfășoară activitatea în cadrul Centrului de Cercetări al Academiei Române din București, principalele ramuri ale antropologiei sunt (schema 1.4):



Schema 1.4 – Ramurile principale ale antropologiei (România)

a) Antropologia istorică (paleoantropologia);
b) Antropologia biologică (fizică);
c) Antropologia socială şi culturală;
d) Antropologia aplicată.

1.3. Antropologia biologică

Antropologia biologică, numită şi antropobiologie sau antropologie fizică, este ştiinţa care studiază grupurile umane din punct de vedere fizic şi biologic.

Fondatorul antropologiei fizice din România şi întemeietorul Institutului de Antropologie, care îi poartă astăzi numele, este Francisc Rainer (fig. 1.2). Considerând antropologia fizică o disciplină biologică neintegrată, afirma în perioada interbelică: „orice concepţie asupra vieţii izvorâtă numai din biologie este subumană, dar nicio concepţie a vieţii nu trebuie să fie în contradicţie cu biologia".



Fig. 1.2 – Francisc Rainer (1874 – 1944)

Centrată iniţial asupra diversităţii morfologiei şi a fiziologiei grupurilor umane, a bazelor biologice ale comportamentului, antropobiologia a devenit tot mai dinamică prin extinderea domeniului, integrând în sfera de preocupări aspecte ale geneticii populaţiei şi ale ecofiziologiei, care au condus la înţelegerea procesului evolutiv şi a diversităţii genetice a umanităţii.

Antropologia biologică furnizează cunoştinţe care permit definirea cantitativă şi calitativă a caracteristicilor şi variabilităţii umane de-a lungul timpului.

Principalele ramuri ale antropologiei biologice (fizice) sunt sistematizate de specialiştii români în:

a) antropologie medicală;
b) antropologie fiziologică;
c) antropologie genetică;
d) antropologie demografică;
e) antropologie auxologică;
f) antropologie ecologică;
g) antropologie etologică.

Antropologia medicală (considerată de americani subramură a antropologiei culturale) este definită ca ştiinţa care se ocupă cu studiul factorilor biologici şi culturali în relaţie cu starea de sănătate – boală şi vindecare. Antropologia medicală studiază factorii care influenţează starea de sănătate – natura şi mijloacele terapeutice, dimensiunea socială a bolii în tratarea căreia sunt implicaţi terapeuţi şi instituţii diverse care asigură spaţiul sociocultural al sănătăţii. Cu antropologia medicală se trece de la noţiunea de populaţie la cea de individ.

Antropologia fiziologică studiază funcţiile organismului, parametrii biochimici şi capacitatea adaptativă a individului la mediul de viaţă pe diverse populaţii.

Antropologia genetică studiază omul din perspectiva patrimoniului ereditar înscris în codul genetic, evidenţiind diferenţele şi asemănările genetice dintre indivizi sau populaţii sub influenţa factorilor evoluţiei şi a diversităţii genetice umane. De asemenea, cercetează predispoziţia pentru anumite boli sau spre un anumit comportament a persoanelor cu anomalii cromozomiale. Se ia în calcul şi evoluţia genomului (ADN) microorganismelor (paraziţi, bacterii etc.) susceptibile să intervină în interacţiunea cu mediul, deci şi în selecţia umană.

Antropologia demografică studiază dinamica populaţiei umane din punctul de vedere al mărimii, structurii şi distribuţiei, precum şi modul în care se modifică în timp prin: natalitate, mortalitate, căsătorie, migraţie, îmbătrânire.

Antropologia auxologică se ocupă cu studiul creşterii şi dezvoltării fiinţei umane din momentul concepţiei produsului uman şi până la maturitate, proces caracteristic primei perioade a ontogenezei umane.

Antropologia ecologică studiază relaţia biunivocă dinamică dintre om (ca element integrat al ecosistemului general) şi factorii de mediu, adaptarea fiinţei umane la mediul înconjurător, dar şi modificările acestuia, induse prin intervenţia omului.

De exemplu, tăierea iraţională a pădurilor a determinat modificarea formelor de relief, urmată de perturbarea echilibrului natural. Deşeurile periculoase (cianuri în Italia la Seves sau substanţe radioactive la Cernobîl) au avut consecinţe negative atât asupra sănătăţii oamenilor (creşterea incidenţei malformaţiilor şi a bolilor neoplazice), cât şi asupra ecologiei pământului (scăderea stratului de ozon, producerea de ploi acide, încălzirea globală etc.).

Antropologia etologică studiază comportamentul uman determinat mai degrabă genetic, decât psihic sau cultural.

Astfel, persoanele cu formula cromozomială 47XXY (sindrom Klinefelter), deci cu un cromozom X în plus, au predispoziţie pentru un comportament criminal.

Kinantropologia sau **antropologia motrică** este o ramură a antropologiei aplicate, care abordează mişcarea omului ca efect al activităţii bio-psiho-sociale. Din punctul de vedere al antropologiei motrice mişcarea este cauză şi efect, în sensul că ea are rol educativ, de dezvoltare şi perfecţionare a fiinţei umane, dar este şi produs cu efecte economice şi culturale.

Sfera de preocupări vizează atât individul sănătos, excelenţa motrică (sportivă) şi patologia motricităţii. Aceasta permite stabilirea delimitărilor între normal şi patologic, dar şi înţelegerea patologiei prin prisma evoluţiei şi a variaţiilor biologice ale fiinţei umane.

Capitolul 2

KINANTROPOMETRIA

2.1. PRECIZĂRI TERMINOLOGICE

2.2. APLICAŢIILE KINANTROPOMETRIEI

2.1. Precizări terminologice

Din punct de vedere semantic lexical, kinantropometria reprezintă măsurarea omului în mişcare (de la grecescul *anthropos* = om, *metrie* = măsurare, *kinetos* = mişcare).

Clarificările conceptuale sunt necesare în condiţiile în care suntem obişnuiţi cu o altă terminologie, care viza măsurarea omului în poziţii statice în funcţie de o serie de puncte antropometrice. Aceasta nu este respinsă, ci aplicată de kinantropometrie în mod funcţional, al omului care se mişcă, se deplasează, se joacă etc.

În această concepţie avem o nouă abordare a omului viu în sistem interacţional propriu unei viziuni ştiinţifice, dinamice, în care morfologicul, funcţionalul, psihicul şi tehnicile derivate din acestea furnizează o imagine globală complexă într-o mai mare concordanţă cu realitatea.

Biometria (gr. *bios* = viaţă; *metron* = măsură) reprezintă totalitatea „metodelor de măsurare şi condensare statistică a mărimilor anatomice ale unor organisme sau segmente corporale, ale unor specimene din aceeaşi clasă sau speţă în vederea stabilirii aspectelor semnificative comparative ale acestora. Pe baza măsurătorilor se apreciază dezvoltarea şi abaterile de la standardele clasei sau ale speţei" (V. Şchiopu, 1997).

Antropometria reprezintă aplicarea biometriei la om şi constă în prelevarea de măsurători fizice şi funcţionale ale organismului uman, stabilirea exactă şi interpretarea dimensiunilor şi a indicilor specifici, în funcţie de sex, vârstă, rasă, tip de activitate fizică.

Biometria aplicată la om s-a extins şi asupra determinării unor tipologii umane prin evaluarea altor parametrii biosomatici şi comportamentali, sfera ei de preocupări rămânând deschisă.

Până acum s-a dezvoltat mai ales biometria (antropometria) infantilă (a copilului de la naştere până în perioada pubertăţii şi adolescenţei). Aceasta a vizat dezvoltarea fizică prin evaluarea înălţimii şi a greutăţii. S-au stabilit valori medii standard ale înălţimii şi ale greutăţii pe grupe de vârstă, sex şi zone geografice, numai că se impune reevaluarea acestora în condiţiile fenomenului de accelerare seculară a creşterii (secular trend). Valorile medii permit aprecierea evoluţiei ontogenetice a individului şi încadrarea acestuia în parametrii normali sau în afara acestora. Aceste scale de clasificare dimensională şi a conformaţiei permit şi analiza comparativă a populaţiilor şi plasarea individului într-un cadru regional, naţional sau internaţional.

În cadrul antropometriei se diferenţiază conceptele de somatometrie şi fiziometrie.

Somatometria studiază măsurătorile dimensiunilor corpului uman în ansamblu şi pe segmente; pe baza relaţiilor dintre mărimile obţinute se calculează o serie de indici specifici, în scopul evaluării nivelului de creştere şi dezvoltare fizică şi al statusului nutriţional al individului. Măsurătorile se efectuează când corpul se află în stare statică.

Somatometria utilizează o interpretare corelativ-intuitiv-statistică a datelor (deşi pare hilar, s-a constatat că persoanele cu urechi de dimensiuni mai mari şi mai înalte sunt longevive).

Fiziometria evaluează funcţia aparatelor şi a sistemelor organismului (tensiunea arterială, frecvenţa cardiacă, forţa musculară, amplitudinea articulară, capacităţile şi volumele pulmonare, consumul maxim de oxigen, puterea anaerobă etc.).

Antropometria studiază evoluţia dimensiunilor somatice şi funcţionale pe parcursul ontogenezei umane.

Corpul uman este însă pentru scurte perioade în stare statică. El se caracterizează prin mişcare; de aceea, ***kinantropometria reprezintă o „antropometrie în mişcare".***

Practic, evaluează atât dimensiunile şi compoziţia corporală, pe baza unor repere antropometrice simple, cât şi succesiunea modificărilor de formă, ale raporturilor dintre părţi în timpul efectuării mişcărilor simple, cotidiene, profesionale, de loisir şi de performanţă sportivă.

Kinantropometria evaluează, de asemenea, condiţia fizică, starea nutriţională şi potenţialul motric al individului în diferite perioade ale vieţii şi în diverse stări (sănătate, activitate sportivă, boli) oferind date obiective, certe, reproductibile utile în profilaxie, performanţă sportivă, dar şi în recuperarea persoanelor cu deficienţe, dizabilităţi sau boli cronice.

Rezultatele măsurătorilor somato-funcţionale, efectuate pe grupe constituite pe criterii de vârstă, sex, nivel de activitate fizică (inactivitate, sedentarism sau practicant al educaţiei fizice şi sportului), pe zone geografice sunt prelucrate statistic şi reprezintă valori medii normale, considerate repere în stabilirea ecartului biologic (a deviaţiei faţă de normal) pentru parametrul evaluat prin kinantropometrie.

Aceste valori sunt utilizate în următoarele scopuri:

- clinic, pentru evaluarea subiecţilor, încadrarea lor faţă de valorile de referinţă, alegerea terapiei, readaptarea la efort şi evaluarea rezultatelor;
- ca instrumente de educaţie, pentru conceperea unor programe de prevenire a îmbolnăvirilor, de promovare a sănătăţii şi de formulare a politicilor sociale.

Stabilirea abaterilor de la normal, constând în deficienţe, malformaţii, pierderea unei funcţii, nu pot fi realizate decât pe baza valorilor considerate normale pentru parametrul cercetat. De exemplu, o deficienţă fizică poate fi temporară sau permanentă, progresivă, regresivă, intermitentă sau continuă. Ecartul în raport cu normalul poate fi mare, mic sau poate varia în timp.

2.2. Aplicaţiile kinantropometriei

Kinantropometria are multiple aplicaţii, în diverse domenii a căror activitate se desfăşoară pe baza măsurătorilor dimensionale şi funcţionale ale organismului uman: medicină, nutriţie, kinetoterapie, educaţie fizică, ştiinţa sportului, ergonomie, biomecanică, ştiinţe umanistice etc.

Aplicaţiile cele mai importante ale kinatropometriei vizează:

a) Criminalistica

Antropometria a fost utilizată pentru prima dată în secolul XIX în criminalistică pentru identificarea criminalilor şi a recidiviştilor pe baza caracteristicilor lor fizice (dimensiuni, forme ale corpului şi segmentelor, amprente digitale, dentare şi, mai nou, harta retinei sau a irisului) sau fizice – comportamentale (mers, voce, semnătură).

Toate aceste aprecieri se realizează prin măsurători antropometrice, care utilizează astăzi tehnologii noi, informatice, greu sau imposibil de falsificat, ceea ce a permis soluţionarea unor cauze aparent imposibile. Rezultatele măsurătorilor sunt unice, specifice fiecărui individ. Ele sunt stocate în baze de date şi fac posibile alcătuirea „portretelor-robot" şi indentificarea persoanelor.

b) Industria

În 1873, Francis Galton (1822 – 1911), explorator şi antropolog britanic, vărul lui Darwin, aplică pentru prima dată metodele statistice pentru studiul măsurătorilor corporale în vederea stabilirii unor standarde.

Măsurătorile au fost apoi folosite în ateliere de confecţii, utilizarea lor devenind curentă în atelierele de modă. De aici şi cerinţele asupra siluetei şi a remodelării corporale în vederea înscrierii în standarde.

Măsurătorile corporale sunt astăzi extrem de importante pentru creatorii de produse (confecţii, încălţăminte, mobilier, autovehicule etc.), constructorii de clădiri etc.

c) Ergonomia

Există peste 200 de dimensiuni antropometrice, pe baza cărora specialiştii concep şi amenajează în principal locul de muncă, dar şi spaţii de joacă, baze sportive etc.

Ergonomia locului de muncă este utilă în vederea adaptării optime a mediului la parametrii corporali, cu respectarea condiţiilor specifice de muncă. Se recurge la:

- stabilirea dimensiunilor locurilor de muncă, ale maşinilor şi utilajelor;
- stabilirea dimensiunilor spaţiului de deplasare şi a înălţimii dispozitivelor de comandă, care vor fi adaptate nu numai dimensiunilor corporale, ci şi naturii activităţii;
- asigurarea desfăşurării activităţii profesionale în condiţiile menţinerii unei posturi corporale fiziologice şi ale favorizării mişcării segmentelor pentru creşterea eficienţei muncii fizice şi prevenirea apariţiei deposturărilor globale sau segmentare.

Ergonomia studiază relaţia om – maşină – mediu de muncă în scopul îmbunătăţirii posibilităţilor de utilizare a maşinii (gr. *ergon* = lucru; *normos* = normă).

d) Medicina

Utilitatea practică a kinantropometriei în medicină este incontestabilă şi vizează:

- **medicina clinică,** în cadrul căreia asigură:
  - evaluarea statusului nutriţional;
  - monitorizarea creşterii şi dezvoltării fizice;
  - diagnosticul clinic în afecţiunile aparatelor şi sistemelor organismului;

– planificarea tratamentului şi monitorizarea evoluţiei sub tratament;
– profilaxia obezităţii şi reducerea riscului de apariţie a unor boli grave: hipertensiune arterială, cardiopatie ischemică, accidente cerebrale vasculare, diabet zaharat, neoplasme etc.

• **medicina legală**, în care măsurătorile antropometrice sunt utilizate pentru reconstrucţia facială, determinarea sexului din resturi umane etc.

• **medicina imagistică**, în care prin tehnici moderne noninvazive (ecografie, tomografie computerizată, rezonanţă magnetică nucleară) se pot efectua măsurători de mare precizie privind:
– diagnosticul de sarcină, aprecierea sediului acesteia, studiul placentei ca structură şi localizare, evaluarea creşterii fătului printr-o biometrie precisă de confirmare a vârstei sarcinii (concordanţa/neconcordanţa dintre dezvoltarea fătului şi vârsta sarcinii sau oprirea sarcinii în evoluţie); depistarea cât mai precoce a eventualelor anomalii (cardiace, cerebrale, digestive, renale, genetice etc.) sau a unor complicaţii care impun întreruperea sarcinii (prin ecografie sau mai nou prin vizualizare 4D, în care a patra dimensiune este timpul); explorarea bazinului osos al gravidei cu scopul de a-i analiza structurile şi de a efectua anumite măsurători, care permit obstetricianului să aprecieze dacă naşterea se poate produce sau nu pe căi naturale (radiopelvimetrie sau scanopelvimetrie);
– dimensiunile organelor interne (prin ecografie);
– dimensiunile diverselor zone anatomice bazate pe secţiuni, care reprezintă echivalentul vizual al unei secţiuni anatomice, permiţând o localizare precisă spaţială a zonelor afectate (prin rezonanţă magnetică nucleară şi tomografie computerizată);
– previziunea creşterii în înălţime prin controlul osificării, realizat prin examen radiologic, tomografie computerizată sau rezonanţă magnetică;
– dimensiunile imaginilor patologice: tumori (cu diverse localizări), litiază renală, biliară etc. (prin ecografie, tomografie computerizată şi rezonanţă magnetică);
– corectitudinea aplicării protezelor articulare sau vasculare;
– evaluarea compoziţiei corporale, importantă pentru aprecierea corectă a stării de nutriţie şi monitorizarea tratamentului dezechilibrelor nutriţionale (printr-un sistem de diagnostic de avangardă care utilizează tehnologia DEXA-Dualenergy X-ray Absortiometry).

• **medicina astronautică,** în care, pe baza proporţiilor corpului se stabilesc: potenţialul fizic, dinamic şi energetic, utile în aprecierea nivelului de sănătate şi al performanţelor fizice necesare astronauţilor.

• **chirurgia plastică şi reparatorie**

• **ortopedie – traumatologie**

Măsurătorile antropometrice sunt utile în chirurgie pentru aprecierea gradului reparării anatomice, a reconstrucţiei formelor (uneori prin protezare) şi a nivelului restantului funcţional după intervenţii chirurgicale şi pe parcursul programului de recuperare prin reevaluări succesive.

Succesul chirurgiei reconstructive după amputații sau dezarticulări este de neconceput fără o evaluare antropometrică precisă.

Chirurgia estetică este astăzi la modă. În afară de recuperarea funcțională, importantă este redarea aspectului estetic, mai ales la nivelul feței. Corectarea defectelor la nivelul nasului, urechilor, pomeților, fantei palpebrale, buzelor etc. nu poate fi realizată fără o evaluare antropometrică amănunțită.

e) Psihologia

Prin corelarea fiziognomoniei (știința de a recunoaște caracterul individului prin înfățișarea lui exterioară) cu psihologia și prelucrarea statistică a datelor, s-au realizat programe pe computer care pot recunoaște sau confirma aptitudinile individuale în cadrul unei testări psihologice amănunțite.

f) Sportul

Aplicațiile kinantropometriei în sport constau în:

- aprecierea vârstei fiziologice în raport cu gradul dezvoltării fizice;
- selecția și orientarea copiilor spre sporturile (ramurile sportive) sau probele pentru care posedă aptitudini, avându-se în vedere și fenomenul de accelerare a creșterii (secular trend) pe care îl trăim astăzi (relația structură corporală – dimensiuni corporale – activitate fizică);
- monitorizarea dezvoltării fizice sub influența practicării sistematice a exercițiilor fizice;
- aprecierea nivelului performanțelor fizice și a stării de sănătate;
- depistarea deficiențelor fizice și instituirea terapiei adecvate;
- organizarea spațiilor de antrenament/concurs, confecționarea echipamentului sportiv, construirea aparatelor și dezvoltarea tehnologiilor utilizate în antrenamente/concurs (relația spațiu de lucru – dimensiuni corporale).

g) Biomecanica

Kinantropometria recurge la o serie de măsurători speciale, realizate prin tehnologii moderne prin care se apreciază:

- goniometria internă a aparatului locomotor, care ne oferă date în legătură cu: alcătuirea articulației, axele de mișcare, pârghii, lungimea mușchilor, elasticitatea lor etc.;
- repartizarea geometrică a masei corporale generale sau segmentare (centrul principal de gravitație sau a celor secundare);
- parametrii mișcării reprezentați de: distanță (timp), precum și mărimile derivate: viteza (distanța parcursă în unitatea de timp) și accelerația (modificări ale vitezei în unitatea de timp).

Toate aceste măsurători au ca scop eficientizarea mișcărilor sau a execuțiilor tehnice, dacă ne referim la sportivi. Execuțiile tehnice se pot adapta particularităților sportivului

(sau acesta va fi reorientat către alte discipline sau probe sportive, dacă este vorba despre selecția secundară), cunoscându-se faptul că unele aptitudini, cum ar fi: mobilitatea articulară, elasticitatea musculară etc., sunt determinate predominant genetic.

Prin analiza biomecanică a mişcărilor pot fi prevenite traumatisme sau pot fi reduse efectele negative ale suprasolicitărilor biomecanice.

Partea biomecanicii care se ocupă cu studiul parametrilor mişcării se numeşte cinemetrie.

h) Arheologia

Pe baza analizei materialelor biologice de origine umană (oase, păr, ţesuturi etc.) se determină stadiul dezvoltării biologice a oamenilor care au locuit pe un anumit teritoriu şi au trăit într-o anumită perioadă istorică. Se pot face aprecieri privind diferenţele fizice, originile, dezvoltarea şi distribuţia populaţiilor umane într-un anumit areal geografic.

i) Cercetări aplicate în diverse domenii

Măsurătorile antropometrice au permis conceperea unor manechine antropomorfe (în sistem 3D) care reproduc cu fidelitate caracteristicile structurale şi funcţionale umane, oferind astfel posibilitatea studierii efective a reacţiilor umane la diverse solicitări mecanice prin:

- simularea unor accidente rutiere (şi nu numai) şi aprecierea comportamentului biomecanic al corpului uman şi a toleranţei structurilor anatomice (elasticitatea tegumentului, rigiditatea oaselor etc.) la diverse tipuri de şoc (prin impact frontal, lateral, oblic etc.);
- identificarea cauzelor de disconfort şi oboseală în funcţie de efortul depus la pilotarea auto sau activităţile profesionale, ca sursă de insecuritate, predispozanţă pentru apariţia accidentelor rutiere sau a celor de muncă.

Ca urmare a cercetărilor efectuate, s-au optimizat performanţele de securitate oferite de autovehicule şi la locul de muncă, prin conceperea unor echipamente ergonomice de protecţie, în concordanţă cu modelele biomecanice ale mişcării şi ale solicitărilor. De asemenea, au fost concepute şi perfecţionate mijloacele auto cu adaptarea comenzilor la posibilităţile motorii ale persoanelor cu dizabilităţi pentru deplasarea lor în condiţii de siguranţă.

Rezultatele acestor cercetări sunt aplicate în biomecanică, ergonomie, ortopedie şi recuperare medicală.

Capitolul 3

MĂSURĂTORI ANTROPOMETRICE

3.1. SOMATOMETRIA

3.2. FIZIOMETRIA

Măsurătorile antropometrice reprezintă sfera de interes a kinantropometriei. Rezultatele lor sunt valorificate în direcţionarea politicilor de sănătate, educaţie, cultură şi demografie în vederea vindecării sau a ameliorării bolilor, a creşterii capacităţii de efort sau de performanţă a creşterii calităţii vieţii şi a reintegrării sociale.

Măsurătorile antropometrice se sistematizează în:

- măsurători antropometrice fizice (somatometrie sau antropometrie somatică);
- măsurători antropometrice funcţionale (fiziometrie).

Măsurătorile se realizează după anumite norme stabilite internaţional.

3.1. Somatometria

3.1.1. Generalităţi

Somatometria (Antropometria somatică) cuprinde tehnicile de evaluare a caracteristicilor morfologice (corporale). Măsurătorile se realizează între anumite puncte ale corpului omenesc, numite repere anatomice sau repere antropometrice. În această categorie se încadrează dimensiunile craniene (calota şi faţa), ale trunchiului şi ale celorlalte segmente corporale.

Condiţii de realizare a măsurătorilor antropometrice:

- încăperea să fie departe de sursele de poluare fonică şi fizico-chimică, bine iluminată, aerisită şi încălzită la o temperatură de cca 22-25°;
- subiectul examinat să fie îmbrăcat în şort şi descălţat;
- se va respecta poziţia standard pentru parametrul măsurat (conferă precizie); poziţiile fundamentale utilizate sunt: stând (numită pe plan internaţional basis), aşezat (basis sedens) sau decubit; în funcţie de starea fizică a subiectului, pot fi adoptate şi alte poziţii, numite preferenţiale;
- în cazul repetării unei măsurători, efectuate pe acelaşi subiect, se va menţine aceeaşi poziţie, pentru obţinerea unor rezultate comparabile (fidelitatea datelor);
- diferenţa dintre valoarea măsurată, reală şi standard să fie cât mai mică (acurateţea datelor);
- măsurătorile să fie executate periodic, pentru a aprecia evoluţia lor în dinamică;
- pe întreaga perioadă de monitorizare a subiectului, la fiecare evaluare se va folosi aceeaşi metodă, tehnică, instrument sau aparat, pentru ca măsurătorile să fie reproductibile, iar rezultatele să poată fi comparate şi interpretate prin metode statistice şi informatice.

3.1.2. Instrumente şi aparate de măsurare antropometrică

Măsurătorile antropometrice se realizează cu instrumente simple: taliometru (pediometru), bandă metrică, şubler, compas, caliper (adipocentimetru), riglă gradată, echer, goniometru clasic şi goniometre speciale, antropometru Martin, cântar etc. Tehnicile de măsurare sunt rapide, simple, reproductibile şi pot fi aplicate atât în laborator, cât şi pe teren, în anchete epidemiologice.



Fig. 3.1 – Instrumente diverse de măsurare antropometrică

În afara instrumentelor clasice, măsurătorile antropometrice se pot realiza şi cu aparatură modernă, extrem de variată în funcţie de parametrul cercetat şi de firmele producătoare. Performanţele aparatelor privind complexitatea şi precizia măsurătorilor se reflectă în precizia şi rapiditatea obţinerii valorilor şi în posibilităţile de interpretare. Aceste sisteme oferă instantaneu imaginea tridimensională a corpului, prin scanare, ceea ce facilitează interpretarea antropometrică prin comparare cu normalul (modelul).

Ecografia tridimensională, spectroscopia moleculară în infraroşu sau cu rezonanţă de spin (rezonanţa nucleară magnetică-RMN) reprezintă achiziţii tehnologice noi, care oferă informaţii multiple şi precise privind structura şi compoziţia corpului.

Aplicarea cinematografiei, înregistrărilor video, a fotogramei stroboscopice în explorarea corpului uman a permis kinantropometriei să realizeze măsurători complexe şi să surprindă excelenţa în execuţia tehnică a unui sportiv de performanţă sau gradul şi consecinţele unei mişcări anormale.

Stroboscopia studiază corpul în mişcare, dar prin frecvenţa flash-urilor emise de stroboscop (care trebuie să fie apropiată de frecvenţa ciclului de mişcare observat), impresia examinatorului este de imobilitate (imobilitate aparentă).

3.1.3. Repere antropometrice

Reperele antropometrice sunt puncte strict cutanate şi reprezintă proiecţia tegumentară a unor elemente scheletale (fig 3.2):

- ***vertex*** - punctul cel mai înalt de pe craniu, când subiectul este în ortostatism şi menţine capul în rectitudine;
- ***Trichion*** – punctul de pe linia mediană a capului, aflat la intersecţia frunţii cu scalpul;
- ***Glabela*** – proeminenţa situată pe linia mediană a feţei, între arcadele sprâncenoase;

• ***Fosa temporală*** – depresiunea de pe faţa laterală a capului, situată extern de arcada sprâncenoasă;
• ***Zigion*** – punctul situat pe partea laterală a feţei, inferior de fosa temporală, la nivelul arcadei zigomatice;
• ***Gnation*** – cel mai jos punct al mandibulei, situat pe linia mediană a feţei;
• ***Menton*** – punctul cel mai anterior de pe corpul mandibulei;
• ***Gonion*** – punctul latero-inferior al mandibulei, situat la nivelul unghiului mandibulei;
• ***Opistocranion*** – situat la nivelul protuberanţei occipitale externe;
• ***Nasion*** – situat la intersecţia proceselor nazale ale frontalului cu oasele nazale;
• ***Suprasternal*** – punctul superior al manubriului sternal (incizura jugulară), pe linia mediană;
• ***Xifion*** – corespunde extremităţii inferioare a sternului, respectiv apendicelui xifoid;
• ***Mezosternal*** – situat pe faţa anterioară a sternului, la jumătatea distanţei dintre punctul suprasternal şi xifion;
• ***Omfalion*** – punctul situat la mijlocul ombilicului;
• ***Acromial*** – extremitatea cea mai laterală a apofizei acromiale a omoplatului (Martin & Seller);
• ***Epicondiliar humeral*** – proeminenţele laterală şi medială ale epifizei distale humerale;
• ***Radial*** – punctul cel mai lateral al capului radial;
• ***Stilion*** – punctul cel mai distal al procesului stiloid al radiusului (lateral) şi al ulnei (medial);
• ***Dactilion*** – punctul distal al degetului mijlociu (medius), când membrul superior este liber pe lângă trunchi, iar degetele sunt în extensie;
• ***Metacarpian ulnar*** – punctul cel mai medial al capului metecarpianului V, evidenţiat cel mai bine când degetele sunt abduse;
• ***Metacarpian radial*** – punctul cel mai lateral al capului metacarpianului I, evidenţiat cel mai bine când degetele sunt abduse;
• ***Simfizar*** – reprezentat de marginea superioară a simfizei pubiene pe linia mediană;
• ***Sacral*** – punctul situat pe linia mediană a bazei sacrului;
• ***Gluteal*** – punctul superior cel mai proeminent al regiunii fesiere;
• ***Iliocretal*** – punctul cel mai lateral al crestei iliace;
• ***Iliospinal*** – partea inferioară a vârfului spinei iliace antero- superioare;
• ***Trohanterion*** – punctul supero-lateral situat pe trohanterul mare;
• ***Epicondiliar femural*** – proeminenţele laterală şi medială ale epifizei distale a femurului;
• ***Tibial*** – proeminenţele supero-medială şi supero-laterală ale epifizei proximale a tibiei;
• ***Sfirion tibial*** – vârful distal al maleolei mediale (tibiale);
• ***Sfirion fibular*** – vârful distal al maleolei laterale (fibulare);
• ***Pterion*** – punctul posterior al călcâiului, când subiectul este în ortostatism, cu greutatea corpului egal distribuită pe ambele picioare;
• ***Acropodion*** – punctul anterior al piciorului, corespunzător degetului I sau II, când subiectul este în ortostatism cu greutatea corpului egal distribuită pe ambele picioare;

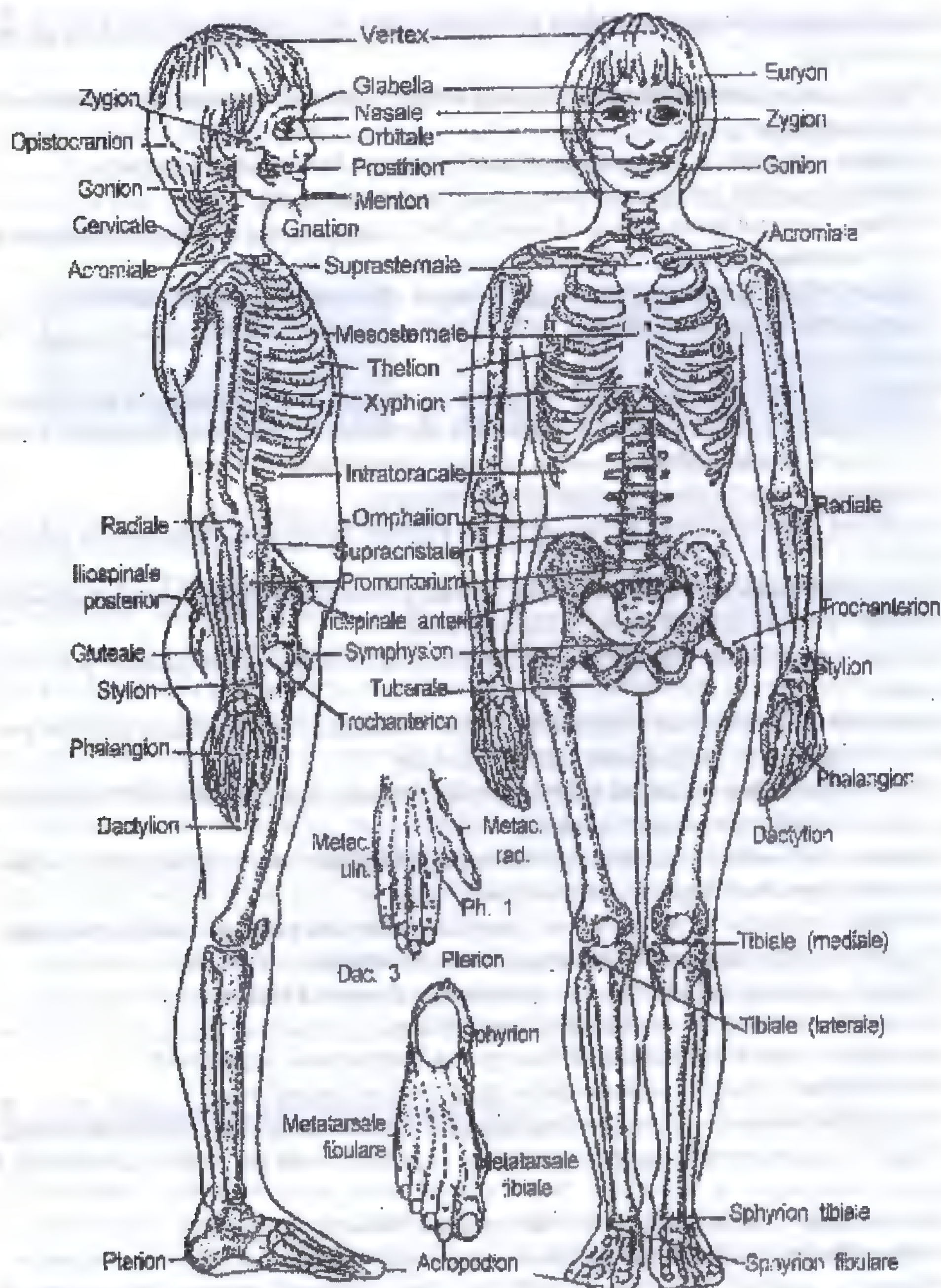


Fig. 3.2 – Repere antropometrice

• ***Metatarsian tibial*** – punctul cel mai medial al capului metatarsianului I, când subiectul este în ortostatism;

• ***Metatarsian fibular*** – punctul cel mai lateral al capului metatarsianului V, când subiectul este în ortostatism.

3.1.4. Tipuri de măsurători antropometrice

Măsurătorile antropometrice fizice (corporale) se clasifică după planurile (fig. 3.3) în care acestea se realizează şi după forma segmentelor corpului în:

• dimensiuni longitudinale: înălţimea, bustul, lungimea capului, a gâtului, a membrelor inferioare şi a celor superioare, în ansamblu şi pe segmente (coapsă, gambă, picior, braţ, antebraţ şi palmă);

• dimensiuni transversale: diametrul bitemporal, bizigomatic, anvegura, diametrul biacromial, toracic, biepicondiliar (femural şi humeral), bistiloidian, bicret, bispinal, bitrohanterian, bimaleolar, lăţimea palmei, a cotului, a piciorului;

• dimensiuni sagitale: diametrul antero-posterior al capului, al toracelui, sacro-pubian;

• dimensiuni circulare (perimetre): perimetrul capului, gâtului, toracelui, abdomenului, braţului, antebraţului, şoldului, coapsei, genunchiului, gambei, gleznei, taliei.

Alte măsurători antropometrice vizează dimensiunile masei somatice prin: greutate corporală, plici cutanate şi compoziţie corporală.

Dimensiuni longitudinale

• *Înălţimea* (statura sau talia) – se măsoară între vertex şi suprafaţa de sprijin (basis);

• *Bustul* – reprezintă distanţa dintre vertex şi linia biischiatică; cu subiectul în poziţia aşezat (basis sedens);

• *Lungimea gâtului* – între menton şi punctul suprasternal;

• *Lungimea membrului superior* – între punctul acromial şi dactilion (punct digital); membrul superior este pe lângă trunchi, cu palma în supinaţie;

• *Lungimea braţului* – între punctele acromial şi radial;

• *Lungimea antebraţului* – între punctele radial şi stilion;

• *Lungimea palmei* – între mijlocul pliului distal al încheieturii mâinii (care va fi mai întâi evidenţiat prin flexia mâinii pe antebraţ) şi dactilion;

• *Lungimea membrului inferior* – între punctul iliospinal şi sfirion tibiale; subiectul este poziţionat în stând sau decubit dorsal, cu membrele inferioare în extensie;

• *Lungimea coapsei* – între trohanterion şi punctul tibial lateral;

• *Lungimea gambei* – între punctul tibial lateral şi sfirion fibular;

• *Lungimea piciorului* – se măsoară în poziţie ortostatică, între punctele pterion şi acropodion.

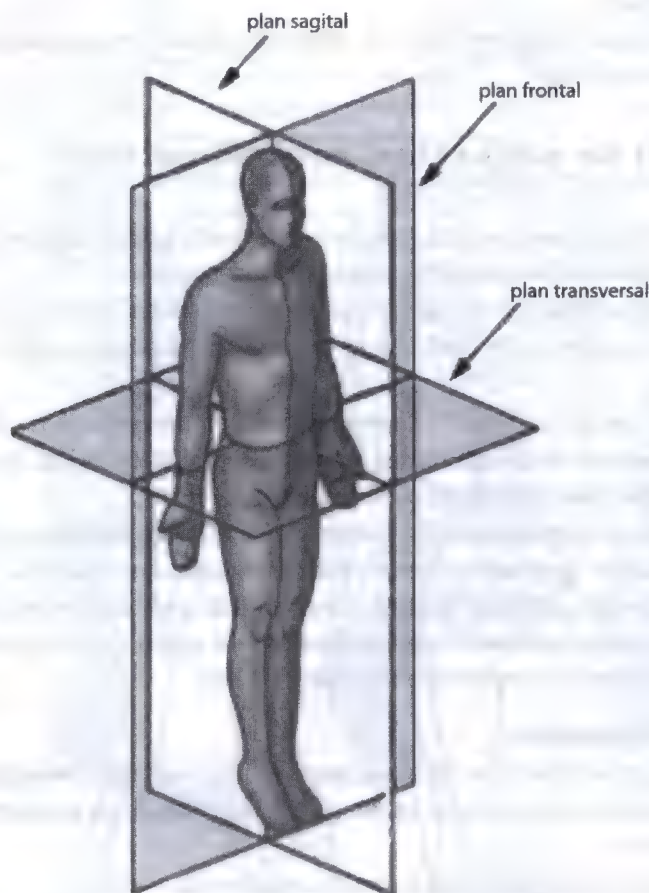


Fig. 3.3 – Planurile anatomice ale corpului

Dimensiuni transversale (*lăţimi*)

• *Anvergura* – între punctele digitale (dactilion); subiectul adoptă poziţia stând cu membrele superioare în abducţie de 90° din umeri, coatele extinse, palmele în poziţie intermediară;

• *Lăţimea palmei* – între punctele metacarpian radial şi ulnar cu degetele abduse;

• *Lăţimea cotului* (diametrul biepicondiliar humeral) – între punctele epicondiliene humerale ale epifizei distale humerale (lateral şi medial); subiectul este în ortostatism, cu braţul pe lângă trunchi şi cotul flectat la 90°;

• *Lăţimea piciorului* – între punctele metatarsian tibial şi fibular;

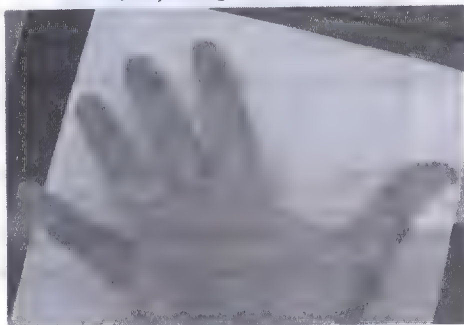
• *Diametrul bigonial* – între punctele goniale (unghiul mandibulei);

• *Diametrul bizigomatic* – între punctele zigion;

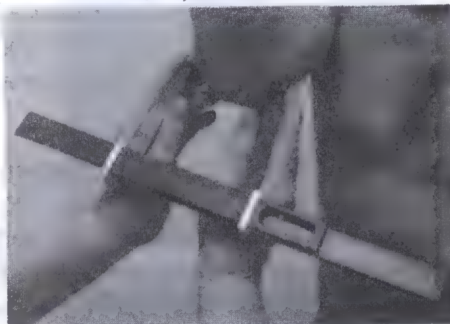
• *Diametrul bitemporal* – între fosele temporale;

• *Diametrul biacromial* – între punctele acromiale, cu subiectul în poziţie stând şi membrele superioare pe lângă trunchi; examinatorul se plasează în spatele subiectului;

a) lăţimea palmei



b) lăţimea cotului



c) diametrul biacromial

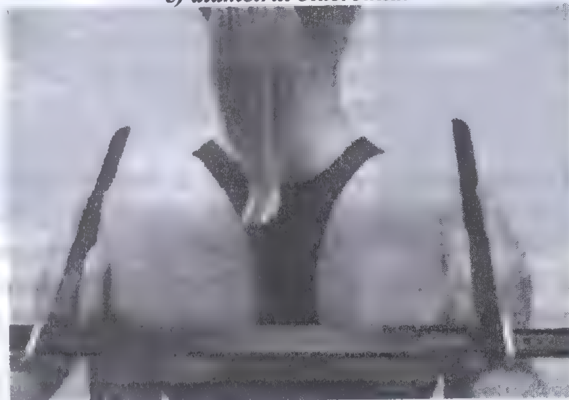


Fig. 3.4 – Dimensiuni transversale (exemple)

• *Diametrul toracic transvers* – între feţele laterale ale toracelui, la intersecţia liniei medio-axilare cu punctul costal cel mai proeminent (coasta a 5-a); măsurătorile se efectuează la sfârşitul unei expiraţii normale;

• *Diametrul bicret* (iliocretal) – între porţiunile cele mai laterale ale crestelor iliace;

• *Diametrul bispinal (biiliospinal)* – între spinele iliace antero-superioare;

• *Diametrul bitrohanterian* – între punctele trohanteriene, care vor fi mai întâi evidenţiate; subiectul este în ortostantism, cu călcâiele apropiate;

• *Diametrul biepicondiliar femural* – între epicondilul medial şi lateral al femurului; măsurătoarea se realizează când subiectul este în poziţia aşezat, iar gamba face cu coapsa un unghi de 90°;

• *Diametrul bimaleolar* – între punctele cele mai proeminente ale sfirioanelor tibial şi fibular;

• *Diametrul epicondiliar humeral* – între epicondilul medial şi lateral al humerusului;

• *Diametrul bistiloidian* – între apofizele stiloide ale radiusului şi ulnei.

Dimensiuni antero-posterioare

• *Diametrul antero-posterior al capului* – între glabelă şi protuberanţa occipitală externă (opistocranion); subiectul în ortostatism, capul în poziţie verticală;

• *Diametrul antero-posterior al toracelui* – între punctul mezosternal şi apofiza spinoasă vertebrală corespunzătoare planului orizontal al compasului;

• *Diametrul sacro-pubian* – între punctele sacral (baza sacrului) şi simfizar (simfision).

Dimensiuni circulare (*Perimetre*)

• *Perimetrul capului* – între opistocranion şi glabelă, fără a trece banda metrică peste urechi;

• *Perimetrul gâtului* – se măsoară pe porţiunea cea mai subţire, exact deasupra proeminenţei cartilajului tiroid în partea anterioară a gâtului (mărul lui Adam); capul trebuie să fie în rectitudine şi muşchii gâtului relaxaţi;

• *Perimetrul toracelui*

a) *în repaus* – se măsoară în porţiunea cea mai mare, respectiv sub axilă; banda metrică se plasează posterior sub vârful omoplatului, iar anterior la baza apendicelui xifoid, în cazul bărbaţilor, şi la nivelul articulaţiei coastei a 4-a cu sternul, la femei;

Subiectul trebuie să respecte următoarele condiţii:

- să respire liniştit abdominal;
- să nu privească modul de realizare a măsurătorii (se poate modifica poziţia toracelui).

Măsurătoarea se efectuează astfel: subiectul în stând, cu spatele la examinator abduce uşor braţele, pentru a permite plasarea bandei metrice transversal, la înălţimea indicată. Un capăt al benzii metrice se fixează anterior (vezi reperele) şi, în timp ce subiectul coboară încet braţele, examinatorul apropie celălalt capăt al benzii metrice, care va încrucişa capătul fixat;

b) *în inspiraţie* – se măsoară cu banda metrică în aceeaşi poziţie ca şi în repaus; subiectul inspiră profund şi umflă pieptul la maximum, dar fără să „încordeze" sau să scoată în evidenţă muşchii pectorali şi axilele;

c) *în expiraţie* – se măsoară cu banda metrică în aceeaşi poziţie ca şi în repaus, dar după o expiraţie profundă;

• *Perimetrul taliei* – se măsoară în apnee postexpiratorie, în porţiunea cea mai subţire a trunchiului, situată deasupra ombilicului şi mai jos de ultima coastă;

• *Perimetrul abdominal* – se măsoară poziţionând banda metrică orizontal, la nivelul omfalionului;

• *Perimetrul braţului relaxat* – se măsoară prin plasarea benzii metrice la jumătatea distanţei dintre punctul acromial şi cel radial; membrul superior este relaxat pe lângă trunchi;

• *Perimetrul braţului în flexie şi încordat* – se măsoară după poziţionarea braţului în flexie de 45°, a antebraţului în supinaţie şi a cotului în flexie de 90°, cu banda metrică plasată ca în cazul precedent; subiectul este încurajat să contracte la maximum bicepsul;

• *Perimetrul antebraţului* – se măsoară la nivelul cel mai proximal, nedepăşind 6 cm de la punctul radial; membrul superior este lângă trunchi, cu antebraţul orientat în supinaţie;

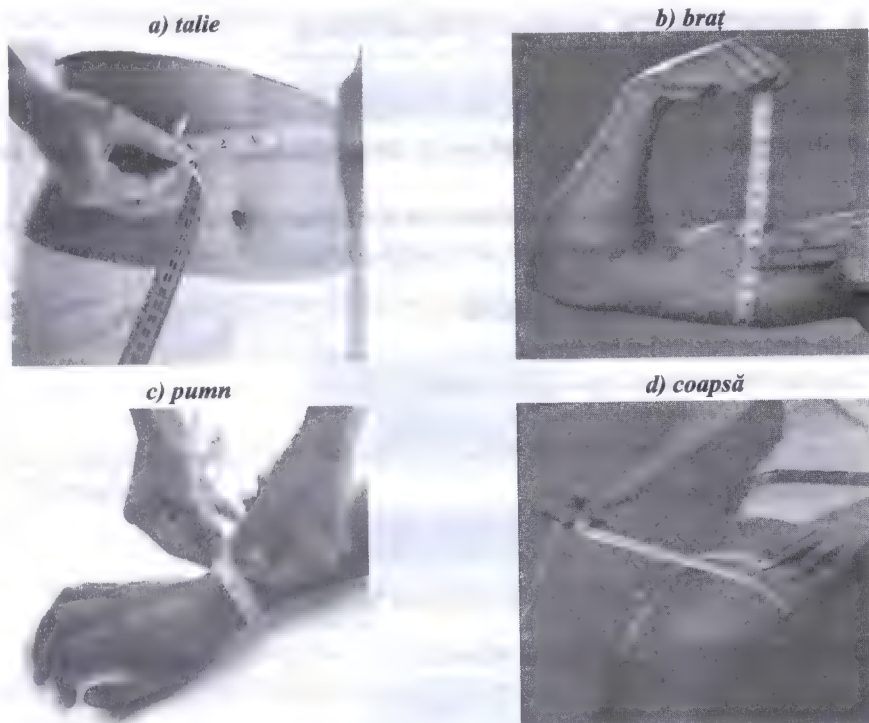


Fig. 3.5 – Exemple măsurare perimetre

a) talie; b) braț; c) pumn; d) coapsă

• *Perimetrul încheieturii mâinii (al articulației pumnului)* – se măsoară la nivelul proceselor stiloide ale radiusului şi ulnei;

• *Perimetrul gluteal (şold)* – banda metrică se poziţionează la nivelul punctului gluteal, iar anterior la nivelul simfizei pubiene;

• *Perimetrul coapsei* – banda metrică se poziţionează orizontal, exact sub fese (pliul subfesier). Se măsoară când subiectul este în ortostatism, cu membrele inferioare uşor depărtate şi greutatea corpului egal distribuită pe ambele picioare;

• *Perimetrul genunchiului* – banda metrică se poziţionează orizontal peste mijlocul patelei; muşchii coapsei trebuie să fie relaxaţi, genunchii extinşi, greutatea corpului egal distri-buită pe ambele membre inferioare;

• *Perimetrul gambei* – se măsoară în zona cea mai proeminentă, evidenţiată mai întâi prin ridicarea subiectului pe vârfuri;

• *Perimetrul maleolar* sau *al gleznei* – se măsoară pe partea cea mai îngustă a gambei, deasupra lui sfirion tibial.

Văzută din profil, din cauza formei ovale a piciorului, glezna este puţin sub imaginea celui mai îngust punct.

Indicaţie metodică: pentru determinarea perimetrelor, banda metrică va fi în contact uşor cu pielea, nu va strânge, dar nici nu va fi prea largă.

3.1.5. Relaţiile de proporţionalitate

Pe baza datelor absolute recoltate prin antropometrie somatică, se determină o serie de indici antropometrici, dintre care cei de proporţionalitate sunt definitorii pentru aprecierea armoniei dezvoltării fizice.

Relaţiile de proporţionalitate se stabilesc între înălţime şi o parte dintre dimensiunile longitudinale, transversale, sagitale şi circulare prezentate.

Dimensiuni longitudinale şi înălţime

– relaţia dintre *bust* (B) şi *înălţime* (I) prin:

❑ indicele Guifrida Ruggeri, cu formula:

100B/I (%);

❑ indicele Amar, cu formula:

B/I;

La femei are o valoare de 0,54 cm, iar la bărbaţi 0,52 cm.

❑ indicele Adrian N. Ionescu, cu formula:

B – I/2

La femei are o valoare de 4-5 cm, iar la bărbaţi 3-4 cm.
Pentru aceeaşi înălţime, femeile au bustul mai lung.

– relaţia dintre *lungimea membrelor superioare* (MS) şi *înălţime* (I) prin:

❑ formula:

MS x 100/I (%)

– relaţia dintre *lungimea membrelor inferioare* (MI) şi *înălţime* (I) prin:

❑ formula:

MI x 100/I (%)

Dimensiuni transversale şi înălţime

– relaţia dintre *anvergură* (Anv.) şi *înălţime* (I), cunoscută în literatura de specialitate ca relaţia dintre *lungimea totală* şi *lăţimea totală a corpului*, prin:

❑ formula:

Anv. x 100/I (%)

La bărbaţi, anvergura depăşeşte cu 4 cm înălţimea corpului, în timp ce la femei este mai mică sau egală cu înălţimea.

– relaţia dintre *diametrul biacromial* (D. biacrom.) şi *înălţime* (I) prin:

❑ formula:

D. biacrom. x 100/I (%)

Valoarea diametrului biacromial din înălţime este de 18-23% la bărbaţi şi de 18-20% la femei.

În activitatea sportivă este indicat ca acest indice să fie cât mai mare, mai ales în sporturile de forţă (haltere, lupte, box, judo etc.).

– relaţia dintre *diametrul bicret* (D.bicret) şi *înălţime* (I) prin:

❑ formula:

D. bicret. x 100/I (%)

– relaţia dintre *diametrul bitrohanterian* (D.bitroh.) şi *înălţime* (I) prin:

❑ formula:

D. bitroh. x 100/I (%)

Valorile normale ale diametrului bitrohanterian din înălţime sunt de 18-19% la bărbaţi şi de 19-20% la femei.

Acest indice trebuie să fie cât mai mic, în special în sporturile de forţă.

– relaţia dintre *diametrul toracic transvers* (D.transv) şi *înălţime* (I) prin:

❑ formula:

D. transv. x 100/I (%)

– relaţia dintre *lăţimea cotului* şi *înălţime (I)*

Metropolitan Life Insurance Company a stabilit pe baza acestei relaţii trei tipuri morfologice pe sex, pentru anumite valori ale înălţimii: morfologie normală, gracilă şi masivă (vezi cap. 5).

Dimensiuni sagitale şi înălţime

– relaţia dintre *diametrul toracic antero-superior* (D. ant-post.) şi *înălţime* (I) prin:

❑ formula:

D. ant-post. x 100/I (%)

Dimensiuni circulare (perimetre) şi înălţime

– relaţia dintre *perimetrul toracic* (P. t) şi *înălţime* (I) prin:

❑ indicele Burgsch Goldstein, cu formula:

P. t x 100/I (%)

❑ indicele Erisman, cu formula:

P. t – I/2

Are valori negative la copii, se apropie de zero la vârsta de 16-18 ani şi devine pozitiv la adult, înregistrând valori medii de 5,8 la bărbaţi şi 3,8 la femei. Valori negative ale acestui indice la adulţi caracterizează un torace insuficient dezvoltat, în timp ce valori pozitive peste limitele normale poate fi consecinţa unui exces de ţesut adipos la nivelul toracelui.

– relaţia dintre *perimetrul abdominal* (P.abd) şi *înălţime* (I) prin:
  ❑ formula:

P. abd. x 100/I (%)

– relaţia dintre *perimetrul braţului* (P. br.) şi *înălţime* (I) prin:
  ❑ formula:

P. br. x 100/I (%)

– relaţia dintre *perimetrul antebraţului* (P. antb) şi *înălţime* (I) prin:
  ❑ formula:

P. antb. x 100/I (%)

– relaţia dintre *perimetrul coapsei* (P. coapsă) şi *înălţime* (I) prin:
  ❑ formula:

P. coapsă. x 100/I (%)

– relaţia dintre *perimetrul gambei* (P. gb.) şi *înălţime* (I) prin:
  ❑ formula:

P. gb. x 100/I (%)

– relaţia dintre *perimetrele segmentelor:* braţ (P. br.), antebraţ (P. antb.) coapsă (P coapsă) şi gambă (P. gb.) şi *înălţime* (I) prin:
  ❑ indicele muscular Pende, cu formula:

(P. br. + P. antb + P coapsă + P gb.)/4 x 100/I (%)

– relaţia dintre *perimetrele:* încheieturii mâinii (P. înch. mâinii), genunchiului (P. gen.) şi gleznei (P. gleznă) şi *înălţime* (I) prin:
  ❑ indicele dezvoltării osoase cu formula:

(P. înch. mâinii + P.gen. + P gleznă)/I x 100 (%).

Valorile obţinute indică dimensiunile osaturii.

Tabelul nr. 3.1 Valori ale indicelui dezvoltării osoase

Dimensiunea osaturii	Valoare indice (%)
Mică	sub 43,5
Normală	43,6 - 46
Puternică	peste 46

Alte relaţii de proporţionalitate

Literatura de specialitate face referiri la:

- relaţia dintre *perimetrul coapsei* (P. coapsă) şi *greutate corporală* (G), prin:
  - ❑ indicele Milcu - Măicănescu - Georgescu, cu formula:

P. coapsă x 100/G (%)

- relaţia dintre *greutatea corporală* (G) şi *înălţime* (I), prin:
  - ❑ indicele masei corporale (body mass index), cu formula:

$G\ (kg)/I^2\ (m^2)$

Valorile obţinute încadrează subiectul în anumite categorii de greutate (vezi cap. 6);

- relaţia dintre *diametrul biacromial* şi *diametrul bitrohanterian*. La adulţi sportivi diferenţa dintre aceste diametre are o valoare de 4-5 cm, în timp ce la sportive este zero sau negativă. De aici rezultă caracteristica tipului constituţional masculin, la care lăţimea umerilor este mai mare (cu maxim 10-12 cm) decât lăţimea bazinului, în timp ce la femei lăţimea bazinului este mai mare sau egală cu lăţimea umerilor. Cea mai mare diferenţă a fost raportată la culturişti şi aruncători.

Pentru nataţie se poate calcula indicele hidrodinamic (I.H):

I.H = (diametrul biacromial + diametrul bitrohanterian)/2 x 100/I

se exprimă în cm; valori peste 25 sunt bune.

Măsurarea simetrică a perimetrelor membrelor evidenţiază eventuale asimetrii. Se consideră fiziologic un anumit grad de asimetrie datorat monodextriei constituţionale (majoritatea oamenilor sunt dreptaci). În anumite sporturi efortul specific este asimetric, ceea ce produce asimetrii evidente; este cazul jucătorilor de tenis şi al atleţilor aruncători de suliţă, la care diferenţele dintre perimetre pot ajunge până la 6 cm la acelaşi segment.

3.1.6. Determinarea plicilor cutanate

Măsurarea plicilor este necesară în scopul aprecierii compoziţiei corporale.

Plica include un strat dublu: al pielii şi al ţesutului adipos subcutanat. Se măsoară cu adipocentimetrul (caliperul).

Trebuie respectate următoarele ***reguli***:
- efectuarea măsurătorilor de către acelaşi examinator;
- efectuarea măsurătorilor pe partea dreaptă a corpului;
- relaxarea completă a subiectului este obligatorie; membrele vor fi complet extinse;
- plica se formează între police şi index şi se menţine pe tot parcursul măsurătorii;
- pensa caliperului se poziţionează perpendicular pe suprafaţa cutanată, la 1 cm de police şi index;
- valoarea se citeşte într-un interval de 2 secunde;
- măsurătoarea trebuie să se repete pe acelaşi loc de minimum 3 ori (ideal de 5 ori); se va reţine media celor 3 (5) măsurători succesive;
- se va respecta distribuţia ţesutului adipos, de aceea se va lua în calcul minimum o plică de la nivelul trunchiului şi una de la nivelul extremităţilor.

Plicile se măsoară la nivelul următoarelor regiuni: obraz, submentonier, triceps, biceps, subscapular, toracal, abdominal, coxal, supraspinal, coapsă, genunchi, gambă.

• *Plica obrazului* – este orizontală şi se marchează la jumătatea distanţei dintre tragus şi marginea inferioară a nărilor;

• *Plica submentonieră* – este verticală şi se măsoară deasupra osului hioid; gâtul se extinde uşor, fără să antreneze întinderea pielii;

• *Plica tricepsului* – este verticală, se marchează pe faţa posterioară a braţului, la jumătatea distanţei dintre punctele acromial şi radial (acromion şi olecran); mâna este în supinaţie;

• *Plica bicepsului* – este verticală; se procedează în acelaşi mod ca în măsurătoarea precedentă, numai că aceasta se efectuează pe faţa anterioară a braţului;

• *Plica subscapulară* – este oblică în jos şi lateral faţă de unghiul inferior al scapulei şi se măsoară la 1 cm de acesta; plica are un unghi de 45° faţă de orizontală;

• *Plica pectorală* 1 – este oblică şi se formează de-a lungul marginii muşchiului pectoral mare, între linia axilară anterioară şi mamelon; se măsoară la jumătatea acestei linii în cazul bărbaţilor sau la 1/3 spre axilă în cazul femeilor;

• *Plica pectorală* 2 – este orizontală şi se formează pe torace la nivelul coastei a 10-a, în dreptul liniei axilare anterioare;

• *Plica axilară* – este verticală şi se formează pe linia axilară mijlocie, în dreptul joncţiunii dintre apendicele xifoid şi corpul sternului;

• *Plica abdominală* 1 – este orizontală şi se formează la 3 cm lateral şi 1 cm inferior de ombilic;

• *Plica abdominală* 2 – este verticală şi se formează la 2 cm lateral de ombilic;

• *Plica iliocrestă* (suprailiacă după Durnin & Womersley) – este oblică şi se formează pe linia medio-axilară, deasupra crestei iliace;

• *Plica supraspinală* – este oblică şi se realizează pe linia axilară anterioară imediat deasupra spinei iliace antero-superioare;

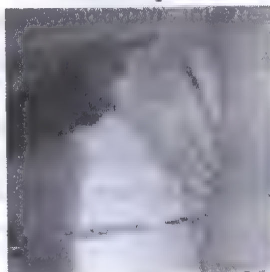
• *Plica coapsei* – este verticală şi se realizează pe linia mediană a feţei anterioare a coapsei, la jumătatea distanţei dintre plica inghinală şi marginea superioară a patelei; subiectul adoptă poziţia aşezat, în care gamba realizează cu coapsa un unghi de 90°;

• *Plica gambei* – este verticală şi se realizează pe linia mediană a feţei mediale a gambei, la circumferinţa cea mai mare estimată; subiectul adoptă poziţia aşezat, în care unghiul dintre gambă şi coapsă este de 90°;

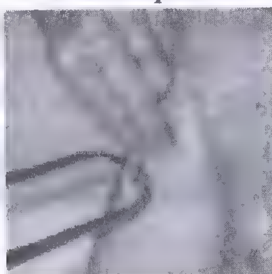
• *Plica proximală a gambei* – este verticală şi se formează pe linia mediană a feţei posterioare a gambei, la 5 cm inferior de fosa poplitee;

• *Plica patelei* – este verticală şi se formează pe linia mediană a genunchiului, la 2 cm deasupra marginii superioare a patelei, subiectul trebuie să extindă uşor genunchiul.

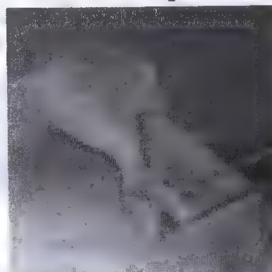
Plica tricepsului



Plica bicepsului



Plica subscapulară



Plica pectorală 1 (bărbaţi)



Plica pectorală 1 (femei)



Plica abdominală 2



Fig. 3.6 Exemple măsurare plici

3.1.7. Determinarea suprafeţei corporale

Suprafaţa corporală poate fi determinată prin următoarele formule:

❑ ***Formula lui Dubois & Dubois*** (1916):

$$\text{Suprafaţa corporală (m}^2\text{)} = 0{,}007184 \times I^{0{,}725} \times G^{0{,}425}$$

Condiţii de utilizare

Formula este aplicabilă pentru subiecţi cu următoarele dimensiuni antropometrice:

Greutatea (G) = 6 – 93 kg

Înălţimea (I) = 73 – 184 cm

❑ ***Formula lui Dubois & Dubois 2*** (1970):

$$\text{Suprafața corporală } (m^2) = 0,20247 \times I^{0,725} \times G^{0,425}$$

❑ ***Formula lui Gehan & George*** (1970):

$$\text{Suprafața corporală } (m^2) = 0,0235 \times I^{0,42246} \times G$$

Condiții de utilizare

Formula este aplicabilă pentru subiecți cu următoarele dimensiuni antropometrice:
Greutatea (G) = 4 – 132 kg
Înălțimea (I) = 50 – 220 cm

❑ ***Formula lui Haycock*** (1978):

$$\text{Suprafața corporală } (m^2) = 0,024265 \times I^{0,3964} \times G^{0,5378}$$

Condiții de utilizare

Formula este aplicabilă pentru subiecți cu următoarele dimensiuni antropometrice:
Greutatea (G) = 1 – 120 kg
Înălțimea (I) = 30-200 cm

❑ ***Formula lui Mosteller (1987):***

$$\text{Suprafața corporală } (m^2) = [\text{Talia} \times \frac{G}{3600}]^{0,5}$$

Greutatea (G) se exprimă în kilograme, iar înălțimea (I) în centimetri.

❑ ***Formula lui Boyd:***

$$\text{Suprafața corporală } (m2) = 0,0003207 \times I^{0,3} \times (G)^{0,7285 - 0,0188 \times 10lg(G)}$$

Greutatea(G) se exprimă în grame.
Înălțimea (I) se exprimă în centimetri.
Logaritmul este zecimal.

Condiții de utilizare

Formula este aplicabilă pentru subiecți cu următoarele dimensiuni antropometrice:
Greutatea (G) = 15 – 200 kg
Înălțimea (I) = 99 – 250 cm
Această ecuație este cea mai precisă pentru calculul suprafeței corporale.

❑ ***Formula pentru copii:***

$$\text{Suprafața corporală } (m^2) = \frac{(4 \times G + 7)}{G + 90}$$

Greutatea (G) se exprimă în kg.

3.2. Fiziometria

Tehnicile fiziometrice vizează măsurarea funcţiilor aparatelor şi sistemelor organismului (musculo-articular, cardio-respirator, endocrino-metabolic etc.) şi răspunsurile acestora la diverse tipuri de stimuli (exerciţii, posturi, acţiuni etc.).

Măsurătorile se efectuează de preferinţă dimineaţa, între orele 8-11, şi, după-amiaza, între 17-19, cunoscându-se faptul că în aceste intervale de timp capacitatea de efort a subiectului este maximă (vârfurile circadiene se înregistrează la orele 8, respectiv 19);

Investigaţiile viitoare, axate în special pe funcţiile metabolice ale corpului, cresc posibilitatea înţelegerii reacţiilor organismului la eforturi statice şi dinamice, atât în sport, cât şi în alte forme de practicare a exerciţiilor fizice.

Metodele, tehnicile şi aparatele de investigare antropo-funcţională a organismului uman se sistematizează din punctul de vedere al riscului afectării stării de sănătate în: invazive (risc potenţial) şi noninvazive (fără risc). De exemplu, biopsia musculară, puncţia venoasă, examenele radiologice etc. sunt invazive, în timp ce RMN, EKG, EMK, ecografia etc. sunt noninvazive.

Capitolul 4

AUXOLOGIA ŞI ANTROPOMETRIA ÎN DINAMICA VÂRSTELOR

4.1. PERIOADELE ONTOGENEZEI

4.2. CREŞTEREA ŞI DEZVOLTAREA CORPULUI

Din momentul concepţiei omului şi până la maturitate se produc grupuri complexe şi rapide de modificări morfo-funcţionale şi psiho-intelectuale, cunoscute sub denumirea de creştere şi dezvoltare.

Ştiinţa care se ocupă cu studiul creşterii, dezvoltării fizice şi psihice a individului se numeşte **auxologie**.

Creşterea şi dezvoltarea reprezintă prima perioadă a ontogenezei umane.

Ontogeneza – constă în dezvoltarea individuală a organismului de la concepţie, la naştere şi până la moarte (gr. *ontos* = fiinţă, existenţă; *genesis* = naştere).

Ontogeneza repetă pe scurt filogeneza (legea biogenetică fundamentală), dar o şi condiţionează.

Filogeneza este un proces de diferenţiere a unui grup de organisme (specii, genuri, familii etc.) în cadrul evoluţiei lumii vii. Prin creştere fundamentală se stabilesc strămoşii şi înrudirile organismelor.

4.1. Perioadele ontogenezei

Periodizarea este cronologică şi se bazează pe particularităţile anatomo-fiziologice de vârstă pe care le parcurge în evoluţia ontogenetică fiinţa umană. Astfel, se descriu:

A. Perioada de creştere şi dezvoltare: 0-22 ani;

B. Perioada adultă (de maturitate şi reproducere): 22-60 ani;

C. Perioada de involuţie (senescenţă): peste 60 ani.

Aceste perioade sunt subdivizate în funcţie de particularităţile biologice, capacitatea de muncă şi de efort. Limitele dintre perioade sunt greu de precizat.

Potenţialul biologic înregistrează o pantă ascendentă de la 0-22 ani, după care se menţine în platou între 22-25 ani, apoi începe să scadă lent, dar continuu.

A. ***Perioada de creştere şi dezvoltare*** se caracterizează printr-o alternanţă între etape de creştere accentuată şi lentă:
- între 0 şi 3 ani – o creştere accentuată;
- între 4 şi 10 ani – o creştere lentă;
- între 11 şi 16 ani – o creştere accentuată;
- între 17 şi 22 ani – o creştere lentă.

B. ***În perioada adultă*** parametrii morfologici şi funcţionali înregistrează următoarele modificări:
- se menţin în platou, la un nivel optim, între 22 şi 25 de ani;
- după aproximativ 25 de ani, începe panta descendentă, lină până la 35-40 de ani;
- între 40-50 de ani, panta descendentă continuă, astfel încât la 50 de ani, potenţialul biologic este cu 30% mai mic faţă de nivelul maxim, considerat optim (atins la 22-25 de ani).

Perioada cuprinsă între 45 şi 59 de ani (de tranziţie) este denumită presenescenţă.

C. ***Senescența*** este subdivizată în:
- perioada omului vârstnic, între 60 şi 75 de ani; la 70 de ani potenţialul biologic este cu 50% mai mic faţă de nivelul maxim;
- perioada omului bătrân, între 75 şi 89 de ani;
- perioada omului foarte bătrân (longeviv) > 90 de ani.

ONU susţine că vârsta de 65 de ani reprezintă limita pentru încadrarea unui subiect în populaţia vârstnică, în timp ce OMS apreciază că denumirea „persoane de vârsta a 3-a" ar fi mai potrivită decât aceea de persoane vârstnice sau bătrâne.

Unii autori consideră îmbătrânirea ca fiind un proces fiziologic insidios, continuu, ontogenetic, care debutează încă din stadiul de zigot şi se încheie odată cu moartea organismului, de aceea nu poate fi definită ca perioadă a vieţii. Senescenţa are ca rezultat reducerea continuă a performanţelor biologice, concomitent cu creşterea riscului de încetare a vieţii. Uneori, procesul de involuţie se manifestă timpuriu, iar starea biologică indusă se numeşte senilitate.

4.2. Creşterea şi dezvoltarea corpului

4.2.1. Definiţii

Creşterea este un proces de acumulări cantitative, prin care organismul îşi măreşte greutatea, volumul şi dimensiunile. Creşterea se apreciază printr-o serie de măsurători: înălţime, greutate, lungime a segmentelor, diametre, perimetre, pentru care se folosesc următoarele calificative valorice: înalt-scund, greu-uşor, lung-scurt, mare-mic.

Creşterea normală este influenţată de:
- mărirea de volum a celulelor (hipertrofie);
- multiplicarea celulelor (hiperplazie);
- numărul celulelor care mor, prin moarte programată (apoptoza).

Hiperplazia celulară şi apoptoza sunt programate genetic încât să limiteze atât dimensiunile fiecărui organ, cât şi ale întregului corp.

Dezvoltarea este un proces calitativ de diferenţiere celulară, care se exprimă prin modificări funcţionale şi optimizări calitative ce marchează perfecţionarea, specializarea şi adaptarea aparatelor şi a sistemelor din organism, evoluţia complexă şi integrarea lor coordonată într-un întreg; este un proces de proporţionalizare care produce apariţia unor relaţii noi între segmente şi părţi. Aprecierea dezvoltării se realizează prin calificative valorice generale (foarte bună, bună, satisfăcătoare etc.) şi specifice (unităţi de măsură, formule, indici etc.).

Armonia dezvoltării fizice se stabileşte prin valoarea şi relaţia unor măsurători antropometrice (indici de proporţionalitate), dar aprecierea diferă în funcţie de epocă, domeniu de activitate, autor etc.

Deşi sunt două noţiuni distincte, creşterea şi dezvoltarea au o bază comună, apărând

ca manifestări sau aspecte ale aceleiaşi evoluţii morfo-funcţionale, de aceea sunt abordate împreună de la organogeneză până la maturitate.

Creşterea şi dezvoltarea sunt rezultatul unui proces complex genetic, nutriţional, socio-economic şi cultural.

4.2.2. Perioadele creşterii şi dezvoltării

Dezvoltarea fiinţei umane se produce într-o succesiune de perioade distinctive pe care le parcurge fiecare individ.

Segmentarea perioadelor de vârstă se realizează mai ales din raţiuni didactice, deoarece deosebirile dintre acestea nu sunt totdeauna atât de pregnante. În plus, există rate individuale de creştere, dar şi variabilitate în privinţa achiziţiilor.

Aceste perioade sunt:

1. ***Perioada embriofetală*** (prenatală) durează de la concepţie până la naştere. Transformările prin care trece produsul de concepţie sunt impresionante. Se formează structurile fundamentale ale corpului şi organele sale. Ritmul de creştere este cel mai accelerat din întrega existenţă umană (de la 5 mm lungime în săptămâna a şasea de viaţă intrauterină se ajunge la cca 50 cm la naştere).

Din a treia săptămână de gestaţie începe mielinizarea. În primele luni se dezvoltă cel mai rapid aria senzorială şi cea motorie primară, ceea ce permite fătului să-şi dezvolte simţurile şi mişcările corpului.

În această perioadă, vulnerabilitatea la factorii de mediu este foarte mare.

2. ***Prima copilărie*** (0 – 3 ani) este divizată în trei etape şi se încheie când este completă dentiţia de lapte.
   a. nou-născut (etapa neo-natală, cuprinde primele 30 de zile);
   b. sugar (30 zile – 1 an);
   c. de copil mic (1 – 3 ani).

La naştere, coloana vertebrală este rectilinie. La vârsta de 3 luni, când copilul „îşi ţine capul", apare prima curbură în plan sagital, respectiv lordoza cervicală. Urmează curbura dorsală de tip cifotic, care se produce la vârsta de 6 luni, când copilul este capabil să menţină poziţia aşezat. În jurul vârstei de 1an, mersul reprezintă achiziţia motrică responsabilă de apariţia curburii lordotice lombare. În primele luni de viaţă tonusul muscular este crescut.

Începând cu 5 – 9 luni apare dentiţia de lapte şi se îmbunătăţeşte digestia.

Creşterea în greutate şi înălţime este spectaculoasă în etapa de sugar. Între 1 şi 3 ani, rata creşterii în lungime şi greutate scade la 10 – 12 cm/an, respectiv 2,5 – 3 kg/an. Înălţimea medie la 2 ani este de 85 cm, iar la 3 ani de 95 de cm. La aceleaşi vârste, greutatea atinge valori de 12, respectiv 15 kg.

Respectând ratele fiziologice de progres, în intervalul 0 – 3 ani, greutatea creşte de 4 ori, iar înălţimea de 2 ori.

Mielinizarea sistemului nervos continuă. La 6 luni, aria motorie e mai dezvoltată decât aria senzorială, proces care continuă şi explică performanţele motrice progresive.

Aparatul respirator se caracterizează prin: căi nazale înguste, torace îngust cu baza dilatată. Frecvenţa respiratorie a nou-născutului este de 35-40 respiraţii/minut şi scade treptat la o valoare de 30 respiraţii/minut.

Aparatul cardiovascular se dezvoltă în concordanţă cu cerinţele organismului. Cordul îşi dublează greutatea la 1 an şi jumătate şi o triplează la 3 ani. Frecvenţa cardiacă este la nou-născut de 130-150 bătăi/minut şi scade treptat la 110-120 bătăi/minut la vârsta de 2 ani şi la 90-100 bătăi/minut la 3 ani. Tensiunea arterială creşte cu vârsta, prin dezvoltarea musculaturii vaselor.

3. ***Perioada de preşcolar*** (3-6/7 ani) se încheie odată cu apariţia primilor dinţi permanenţi.

Se caracterizează prin scăderea ratei de creştere în înălţime şi greutate, la 6,5 cm/an pentru înăţime şi la 2 kg/an pentru greutate. La vârsta de 6-7 ani, segmentele membrului inferior sunt de 2,5 ori mai lungi decât la naştere.

Se menţine creşterea alternativă în lungime şi grosime a membrelor inferioare.

Musculatura este slab şi asimetric dezvoltată (se dezvoltă mai puţin extensorii), de aceea apar dificultăţi în susţinerea unui efort, fie el static sau dinamic.

Mielinizarea continuă până la vârsta de 4 ani. Acum se dezvoltă lobii frontali şi legătura cortical-subcorticală.aaaaa

Aparatul cardiovascular se caracterizează prin creşterea semnificativă în greutate a cordului (de 5-7 ori faţă de naştere) şi prin dezvoltarea circulaţiei capilare. La finele acestei etape, frecvenţa cardiacă scade la 80-90 bătăi/minut, iar tensiunea arterială atinge valoarea de 95/55 mmHg.

4. ***Perioada de şcolar*** (6/7-17/18 ani) se împarte, în funcţie de apariţia pubertăţii, în:

   a. etapa prepubertară (antepubertară, şcolar mic, 6/7-11 ani) - se caracterizează prin scăderea ratei de creştere a înălţimii la 5-6 cm/an şi a greutăţii la 2 kg/an. De la vârsta de 10 ani se înregistrează saltul statural (creşte secreţia de STH), rata de creştere fiind de 7-8 cm/an. Greutatea creşte cu 5-6 kg/an.

   b. etapa pubertară (şcolar mijlociu) - se caracterizează prin apariţia pubertăţii. Vârsta diferă pe sexe:

   – 11 ani la fete (9 – 14 ani);
   – 13 ani la băieţi (11 – 16 ani).

Se consideră că pubertatea începe la orice vârstă între 11 şi 16 ani, media fiind de 13 ani (la fete se instalează cu un an mai devreme decât la băieţi).

În ultimii 50 de ani, în ţările dezvoltate, copiii ajung la pubertate la o vârstă din ce în ce mai mică, de aceea este dificilă delimitarea precisă a etapelor perioadei de şcolar.

Etapa pubertară se caracterizează prin maturaţie sexuală (creşte secreţia de hormoni gonadotropi şi sexuali).

La băieţi, în jurul vârstei de 11 ani, se înregistrează creşterea organelor genitale interne şi externe, la 12 ani apare pilozitatea pelvină, la 13 ani secreţia prostatică, la 14-15 ani se produce schimbarea timbrului vocii şi apariţia pilozităţii axilare. La 15-16 ani apare pilozitatea facială.

La fete, începând cu vârsta de 9 ani, uterul se dezvoltă rapid şi începe creşterea glandelor mamare. La 11-12 ani creşte bazinul şi apare pilozitatea axilară şi pubiană.

c. *etapa postpubertară* (şcolar mare) - este imprecis delimitată; durează de la pubertatea propriu-zisă până la închiderea cartilajelor de creştere, ceea ce coincide cu erupţia celui de-al treilea molar. Unii autori o delimitează ca fiind cuprinsă între 14-19 ani. Se caracterizează prin desăvârşirea maturaţiei sexuale şi maturizare neuropsihică (dominată de secreţia de hormoni tiroidieni, care intervin în procesele de creştere şi diferenţiere tisulară).

4.2.3. Legile creşterii şi dezvoltării

Legile creşterii şi dezvoltării (primele cinci) au fost concepute de Adrian N.Ionescu, părintele Culturii Fizice Medicale româneşti (precursoare a kinetoterapiei de azi). Ulterior, specialiştii domeniului au adăugat şi altele.

Acestea sunt:

1. legea alternanţei;
2. legea proporţiilor;
3. legea creşterii inegale şi asimetrice a ţesuturilor şi organelor;
4. legea maturaţiei pubertare;
5. legea ritmului diferit de creştere şi dezvoltare;
6. legea diferenţierii şi integrării;
7. legea direcţiei cranio-caudale şi proximo-distale a dezvoltării.

1. Legea alternanţei

Această lege subliniază faptul că procesele de creştere şi dezvoltare nu se desfăşoară concomitent (cu aceeaşi rată de progres sau cu acelaşi coeficient), ci alternativ.

Astfel, în perioadele de creştere, care constau în acumulări cantitative importante, în special ale taliei şi ale greutăţii, dezvoltarea organelor şi, implicit, a funcţiei acestora este lentă, iar vulnerabilitatea creşte. Dezvoltarea fiecărui organ sau ţesut este corelată cu creşterea celorlalte.

După fiecare perioadă de creştere, urmează o pauză, o perioadă de stagnare sau diminuare a acestui proces; în schimb, dezvoltarea organelor şi a funcţiilor acestora devine dominantă.

Legea alternanţei este evidentă chiar în cazul procesului de creştere. Astfel, parametrii înălţime şi greutate (specifici acumulărilor cantitative, deci creşterii) nu cresc concomitent, ci alternativ.

Perioadele de creştere fiziologică în greutate sunt cunoscute în literatură sub denumirea de perioade «rotunde» sau de «împlinire». S-au delimitat trei perioade de „împlinire",

care alternează cu perioade de „întindere", respectiv de creştere în înălţime. (tabelul 4.1)

Tabelul 4.1 – Alternanţa creşterii în greutate şi în înălţime la diferite perioade de vârstă

Vârstă	Perioadă	Greutate	Înălţime
1 – 4 ani	I	X	
5 – 7 ani	I		X
8 – 10 ani	II	X	
11 – 15 ani	II		X
15 – 20 ani	III	X	
18 – 22 ani	III		X

Creşterea corpului în înălţime alternează cu creşterea în lăţime sau în grosime. Astfel, osul lung se alungeşte şi se îngroaşă alternativ; pauzele dintre creşterile în lungime sunt utilizate pentru creşterea în grosime şi invers.

La nivelul membrelor, se produce creşterea alternativă a segmentelor. Astfel, creşterea în lungime a humerusului alternează cu antebraţul, iar a femurului cu gamba.Când un segment creşte în lungime, celălalt creşte în grosime.

Cea mai importantă alternanţă se produce la pubertate între creşterea membrelor inferioare în lungime şi creşterea bustului. Aceasta este cunoscută în literatura de specialitate sub denumirea de „marea alternanţă a lui Godin".

2. Legea proporţiilor

Ritmul alternativ de creştere, specific fiecărui segment sau organ, atrage în permanenţă modificări ale proporţiilor dintre diferitele părţi componente ale organismului.

În perioada intrauterină, ritmul de creştere este accelerat pentru cap şi trunchi şi încetinit pentru membre. La 2 luni de viaţă intrauterină, capul reprezintă 50% din lungimea corpului, apoi raportul scade treptat, iar la naştere atinge 25% din lungimea corpului. (tabelul 4.2).

În timpul vieţii intrauterine, membrele superioare sunt mai lungi decât membrele inferioare, după naştere lungimile devin egale, iar după 10 ani membrele inferioare sunt mai lungi decât cele superioare.

Tabelul 4.2 – Raportarea unor segmente la talie (%)

Segment	Naştere	6 ani	14 ani	20 ani
Cap	25	16,5	13,5	10,5
Trunchi	33	30,5	29,5	30,5
Membre inferioare	39	50	54	53

Nou-născutul nu este un adult în miniatură, deoarece proporţiile lui comparativ cu adultul sunt următoarele: capul reprezintă 61,6%, trunchiul 35,5% şi membrele 24,2% din dimensiunile adultului. Creierul atinge la 2 ani 80%, iar la 5 ani 95% din dimensiunile creierului adultului.

După naştere, membrele cresc mai mult decât trunchiul, iar membrele inferioare mai mult decât cele superioare.

Şi pe sexe au fost evidenţiate ritmuri diferite de creştere a trunchiului şi membrelor inferioare. Astfel, cea mai mare disproporţie dintre aceste segmente se înregistrează la vârsta de 3 ani, când la fete diferenţa este de 17 cm, iar la băieţi, de 20 cm, în favoarea trunchiului.

Între 10 şi 12 ani diferenţa se reduce la fete, iar la băieţi în jurul vârstei de 14 ani, când trunchiul depăşeşte lungimea membrelor inferioare cu 8 cm, respectiv cu 6 cm.

Între 13 şi 18 ani apare la fete o nouă accelerare a creşterii trunchiului, pentru ca, la finele acestui interval, diferenţa să fie cu 12 cm mai mare faţă de membrele inferioare.

Între 15 şi 18 ani ritmul de creştere a toracelui este lent, diferenţa dintre lungimea lui şi cea a membrelor inferioare fiind de doar 8 cm.

Pe baza măsurătorilor lungimii trunchiului şi membrelor inferioare, se calculează indicele scheletic (I.S):

I.S = Lungimea trunchiului/ Lungimea membrelor inferioare

În funcţie de acest raport, se diferenţiază ***tipurile constituţionale***:
- trunchi mai lung decât membrele inferioare (majoritatea indivizilor);
- trunchi şi membre inferioare cu lungime egală;
- trunchi mai scurt decât membrele inferioare (membre inferioare lungi).

3. Legea creşterii inegale şi asimetrice a ţesuturilor şi organelor

Fiecare organ sau ţesut are ritmul său de creştere. De exemplu, sistemul nervos creşte foarte mult în perioada prenatală, iar de la naştere la maturitate creşte de 4 ori.

În primul an de viaţă, ochiul şi urechea internă ajung la dimensiuni şi proporţii apropiate de cele definitive.

De la naştere la maturitate, ficatul creşte de 9 ori, splina de 13 ori, plămânul de 17 ori, inima de 20 ori, rinichiul de 14 ori, iar intestinul de 30 ori (M. Ifrim, 1985).

Creierul are propria curbă de creştere şi dezvoltare: creşte rapid (cum am văzut) în primii doi ani de viaţă, când atinge aproape dimensiunile creierului adult, nu însă şi maturizarea. La naştere, majoritatea neuronilor sunt prezenţi, dar funcţionarea lor este ineficientă, deoarece conexiunile dintre ei nu sunt încă stabilite. În timpul primului an de viaţă are loc o uşoară creştere a numărului de neuroni în cortexul cerebral, însoţită de creşterea rapidă a dimensiunilor şi a interconexiunilor.

Înainte de naştere se mielinizează cortexul vizual, auditiv şi somatic. Încă din această perioadă există percepţie auditivă şi luminoasă. Postnatal începe mielinizarea cortexului frontal, care durează 4-5 şi chiar 10 ani. Mielinizarea are ca efect creşterea eficienţei

celulelor nervoase în transmiterea impulsurilor neuronale. Mielinizarea determină deci gradul de maturizare a diferitelor arii corticale.

După 12 ani se reduce substanţa cenuşie şi creşte în volum substanţa albă, care reprezintă indicatorul mielinizării. Corpul calos este structura de substanţă albă cea mai voluminoasă.

Imaturitatea corticală a nou-născutului şi dezvoltarea rapidă a cortexului în primii doi ani de viaţă explică multe din schimbările care au loc în performanţele copilului.

Ţesutul limfatic atinge apogeul în perioada prepubertară (6 – 11 ani), iar aparatul reproducător la începutul pubertăţii.

Inegalitatea în creştere şi dezvoltare a ţesuturilor şi organelor păstrează un anumit echilibru, care nu tulbură prea mult armonia formei şi funcţiilor.

Între cele două jumătăţi verticale ale corpului se produc asimetrii. Astfel:

- între segmentele pereche există o asimetrie morfologică fiziologică datorată monodextriei subiectului. Membrul superior utilizat preponderent este mai lung, mai gros şi are umărul mai coborât. Această superioritate morfologică se însoţeşte de cele mai multe ori de o superioritate funcţională încrucişată.
- asimetria fiziologică a segmentelor pereche şi a trunchiului evoluează cu vârsta: invers proporţional cu creşterea şi direct proporţional cu funcţia.

Cunoaşterea acestor aspecte este importantă în sportul de performanţă. S-a constatat că în sporturile simetrice obţin rezultate bune sportivii care au un grad ridicat de simetrie dreapta/stânga, iar în cele asimetrice, cei care înregistrează asimetrie dreapta/stînga.

4. Legea maturaţiei pubertare

Conform acestei legi, pubertatea determină creşterea diferenţiată pe sexe; de aceea este denumită în lucrări mai noi „legea creşterii diferite pe sexe".

Fetele au o dezvoltare mai rapidă în prima fază a pubertăţii, iar băieţii în a doua parte.

Pubertatea este perioada care face tranziţia între copilărie şi viaţa adultă; marchează maturizarea sexuală.

5. Legea ritmului diferit de creştere şi dezvoltare

Legea subliniază că procesele de creştere şi dezvoltare sunt specifice fiecărui organ sau ţesut. Ratele diferite de creştere pot produce „discordanţe şi chiar disociaţii fiziologice între diferitele părţi ale corpului". Astfel, de la naştere până la maturitate capul creşte de 2 ori, membrele superioare de 4 ori şi trunchiul de 3 ori.

6. Legea diferenţierii şi integrării

Legea demonstrează că reacţiile motorii globale, necoordonate şi nespecifice ale nou-născutului, exteriorizate în scheme de mişcări stereotipe primare, se transformă treptat în mişcări coordonate, precise, specifice.

Orice nouă achiziţie motorie este înglobată structurilor anterioare pe care le consolidează, dar le şi restructurează.

7. Legea direcţiei cranio-caudale şi proximo-distale a dezvoltării

De la naştere şi până la maturitate, segmentele corpului au ritmuri variate de creştere, realizând un ciclu de schimbări, care formează aşa-numita „direcţie de dezvoltare". Sensul dezvoltării controlului motor este cranio-caudal şi proximo-distal.

Schimbările apar iniţial în regiunea cefalică (cranial) şi progresează în sens caudal (spre torace).

În cazul membrelor, sensul este proximo-distal. Astfel, pentru membrul superior, controlul motor se realizează în următoarea succesiune: umăr, cot, pumn şi mână, iar pentru membrul inferior: şold, genunchi şi gleznă.

Consecinţele sunt evidente în cronologia pattern-urilor de apucare şi deplasare, specifice copilului mic.

Molcianov a emis 4 legi generale ale creşterii:

1. Ritmul de creştere scade odată cu înaintarea în vârstă.
2. Ritmul de creştere este accelerat în primii doi ani de viaţă, apoi scade, se accentuează prepubertar şi scade odată cu maturitatea sexuală.
3. Creşterea şi dezvoltarea nu se desfăşoară simultan în aceleaşi proporţii în întreg organismul; diferitele segmente cresc în mod inegal.
4. Variaţiile de creştere oscilează în cadrul unor limite fiziologice, fiind condiţionate pe de-o parte de substratul ereditar, iar pe de altă parte de influenţa factorilor de mediu.

4.2.4. Factorii care influenţează creşterea şi dezvoltarea

Creşterea şi dezvoltarea sunt fenomene multifactoriale influenţate de: patrimoniul genetic, condiţiile de mediu geografic şi contextul socio-economic şi cultural.

Factorii creşterii şi dezvoltării se sistematizeză în:

A. Factori endogeni;

B. Factori exogeni.

A. Factorii endogeni sunt reprezentaţi de:

1. Factori genetici;
2. Factori hormonali;
3. Factori patologici.

1. Factorii genetici

Creşterea şi dezvoltarea sunt determinate genetic, iar factorii care intervin ulterior nu pot decât să le devieze în plus sau în minus, într-un mod mai mult sau mai puţin reversibil.

Factorii genetici sunt responsabili de caracterele constituţionale imprimate produsului de concepţie, precum şi de rata creşterii până la maturitate, după tipul morfologic familial.

90% din variaţiile naturale ale taliei sunt consecinţa factorilor genetici. Recent, cercetători englezi au descoperit o genă - în două variante - responsabilă de creştere, denumită $HGMA_2$: versiunea mare şi versiunea mică.

Cumulul variantelor mari sau al unei variante mari şi a uneia mici favorizează creşterea taliei cu 1 cm faţă de persoanele dotate cu versiunea mică. Efectul genei asupra creşterii se poate observa după vârsta de 7 ani.

Rolul precis al genei de creştere este necunoscut, dar cercetătorii cred că ar putea influenţa talia printr-o accelerare a diviziunilor celulare. Ipoteza este interesantă, ştiindu-se că persoanele înalte sunt mai expuse anumitor forme de neoplasm şi că neoplasmele sunt tocmai consecinţa unor dereglări ale diviziunilor celulare. Persoanele înalte au predispoziţie şi pentru osteoporoză. S-a constatat că există o corelaţie între talia mică şi riscul crescut de contactare al unor boli cardiace.

Tim Frayling estimează că aproximativ 25% din populaţia europeană de rasă albă posedă două versiuni mari ale acestor gene, în timp ce 25% au două versiuni mici.

Influenţa factorilor genetici se regăseşte şi în diferenţele dintre rase şi sexe. Nou-născuţii de rasă neagră au la naştere o greutate mai mică în comparaţie cu cei de rasă albă. Pubertatea este mai precoce la rasa albă, cu cca 2 ani la fete, comparativ cu băieţii; la copiii de rasă neagră creşterea în lungime a membrelor inferioare este în avans faţă de caucazieni.

Factorii genetici sunt incriminaţi şi în transmiterea caracterelor motorii fundamentale, numai că rolul lor este greu de explicat. Au fost luate în considerare următoarele caracteristici ale activităţilor motorii: forţa, îndemânarea şi viteza.

S-a constatat o contribuţie mare a eredităţii în privinţa rezistenţei musculare locale în activităţi simple, elementare.

A fost demonstrată implicarea importantă a eredităţii în determinarea capacităţii motrice coordinative îndemânare, dar şi a vitezei şi a ritmului de efectuare a mişcărilor (alergare sau mişcări simple).

2. Factorii hormonali

Sistemul hipotalamo-hipofizar coordonează creşterea, determinând un echilibru între diverse glande endocrine.

În prima parte a copilăriei, creşterea este influenţată predominant de hipofiză şi de timus. Timusul involuează treptat, reducându-şi activitatea concomitent cu intensificarea secreţiei de hormoni tiroidieni.

La pubertate, acţiunea glandelor sexuale şi suprarenale domină tabloul endocrinologic.

Hormonul somatotrop (STH) este cel mai important hormon care intervine în creştere; este secretat de celulele acidofile ale hipofizei anterioare, sub controlul unui factor hipotalamic, la rândul lui inhibat de hiperglicemie şi stimulat de hipoglicemie.

STH-ul stimulează proliferarea celulelor cartilajului de creştere, favorizând creşterea oaselor în lungime şi mineralizarea acestora; stimulează dezvoltarea musculară şi viscerală.

În primii 20 de ani, densitatea oaselor creşte continuu, iar după 35 de ani începe să scadă, din cauza procesului fiziologic de îmbătrânire. Refacerea ţesutului osos la copii este rapidă, în timp ce la adulţi poate dura chiar şi 10 ani.

Se pare că inițial creșterea se realizează sub acțiune genetică și tiroidiană, intervenția STH-ului fiind tardivă, respectiv după 3 – 4 ani de la naștere. Alți autori sunt de părere că STH-ul intervine de la vârsta de 1 an sau chiar mai devreme (lunile 5 – 6 de sarcină).

Hormonii tiroidieni reprezentați de triiodotironină și tiroxină au următoarele efecte: cresc viteza de dezvoltare staturală și stimulează maturația osoasă. Se pare că tiroida este singura glandă cu acțiune asupra creșterii dinților. Această glandă intervine și în dezvoltarea creierului, mai ales în dezvoltarea mentală și psiho-afectivă.

Hormonii suprarenalieni secretați de glandele suprarenale sunt reprezentați de: glucocorticoizi, mineralocorticoizi și androgeni.

În procesele de creștere și dezvoltare intervin glucocorticoizii și androgenii. Glucocorticoizii, și mai ales cortizolul, încetinesc creșterea staturală, având acțiune antagonistă hormonului somatotrop.

Hormonii sexuali sunt reprezentați de androgeni și estrogeni.

Androgenii sunt secretați la ambele sexe de corticosuprarenale, iar la băieți și de testicule. Estrogenii sunt secretați de ovare.

Secreția hormonilor sexuali crește cu vârsta și are două pusee: primul la 9 – 10 ani și al doilea la 11-12 ani.

Androgenii determină maturarea osoasă a cartilajului de creștere. Concomitent, dezvoltă masele musculare, pilozitatea și timbrul vocii la sexul masculin.

Estrogenii favorizează în perioada pubertară creșterea rapidă a oaselor în lungime. Acest efect este urmat de osificarea cartilajului de creștere și de încetarea dezvoltării staturale mai devreme la fete, decât la băieți. Deficitul de hormoni estrogeni în perioada de creștere se însoțește de o exagerare a dezvoltării staturale.

Hormonul paratiroidian este indispensabil creșterii; intervine în calcificarea normală a sistemului osos.

3. Factorii patologici

Toate abaterile de la normal în privința creșterii și dezvoltării organice și psihice în diferite perioade de evoluție ale organismului reprezintă deficiențe sau tulburări de creștere și dezvoltare.

Cauzele tulburărilor de creștere și dezvoltare sunt generate de:

a) factori care acționează asupra gravidei:
- tulburări de nutriție;
- intoxicații cronice (alcoolism, tabagism);
- infecții acute sau cronice (sifilis).

b) factori care acționează asupra copilului:
- boli endocrine: hipotiroidism, deficit congenital (dobândit sau funcțional) de hormon de creștere, diabet zaharat, diabet insipid, rahitism etc.
- boli genetice: sindrom Turner; trisomii autosomale 13, 18, 21 (Down) etc.
- boli cronice: renale, hepatice, cardiace, pulmonare, hematologice, dezordini imunologice etc.
- malnutriție etc.

B. Factorii exogeni sunt reprezentaţi de:
1. Factorul alimentar:
2. Mediul geografic;
3. Factorii socio-economici;
4. Factorii culturali;
5. Factorii afectiv-educativi.

1. Factorul alimentar

Influenţa alimentaţiei asupra creşterii şi dezvoltării se manifestă încă din viaţa intrauterină.

Subnutriţia mamei duce la naşterea unor copii cu greutate mică într-un procentaj de cca 45%. În 10% din cazuri este afectată şi lungimea corporală, situaţie în care literatura de specialitate îi apreciază ca fiind „small for date". După naştere, copiii recuperează deficitul intrauterin de creştere: băieţii mai repede deficitul ponderal, iar fetele pe cel statural.

Supraalimentaţia mamei cauzează obezitatea fătului.

La copii, raţia alimentară trebuie să furnizeze caloriile necesare atât refacerii pierderilor (prin funcţie şi uzură), cât şi creşterii. Ea trebuie să fie echilibrată, adică să cuprindă în anumite procente macronutrimente (proteine, lipide, glucide) şi micronutrimente (săruri minerale şi vitamine).

Repartiţia ideală a macronutrimentelor, care asigură satisfacerea necesarului energetic/24 ore este următoarea: 12-15% proteine, 30-35% lipide şi 50-55% glucide. 2/3 din totalul caloriilor trebuie să provină din alimente de origine vegetală, iar restul de 1/3 din produse animale.

Proteinele intervin în creşterea organismului (cazeina, lactalbumina, conţinute de lapte), iar altele o stopează (gliadina, conţinută de grâu).

Acizii graşi esenţiali (linoleic, arahidonic) favorizează dezvoltarea organismului.

Sărurile minerale (calciu, magneziu, fosfor etc.) au rol plastic (formează scheletul); lipsa de potasiu stopează creşterea.

Vitaminele acţionează ca biocatalizatori în reglarea unor reacţii chimice. Carenţele de vitamine A, B_1, B_2 şi D produc tulburări ale creşterii.

Dacă aportul alimentar este deficitar, consecinţele sunt diferite în funcţie de durata alimentaţiei carenţate:

• malnutriţia de scurtă durată se manifestă printr-un deficit de greutate în raport cu vârsta copilului;
• malnutriţia cronică se manifestă printr-un deficit al taliei, comparativ cu vârsta.

Consecinţele malnutriţiei ***pe termen scurt*** sunt:
- întârzierea creşterii fizice;
- diminuarea diametrelor fibrelor musculare (reflectată prin mobilizarea rapidă a proteinelor musculare);
- risc crescut de contactare a unor boli infecţioase;
- modificări comportamentale (apatie etc.);

– rată crescută a mortalităţii.

Consecinţele malnutriţiei ***pe termen lung*** sunt:

– scăderea ratei de creştere fizică;

– întârzieri ale creşterii cerebrale;

– retard intelectual.

Dacă aportul alimentar este crescut, organismul acumulează excedentul sub formă de ţesut adipos.

Se pare că în primele luni de viaţă, prin regimul alimentar, se hotărăşte numărul adipocitelor. Supraalimentaţia determină creşterea numărului acestora, în timp ce alimentaţia echilibrată scade riscul instalării obezităţii pe parcursul vieţii.

Subnutriţia, excesele alimentare şi aportul de substanţe xenobiotice (pesticide, insecticide, aditivi, coloranţi etc.) ingerate odată cu alimentele sunt astăzi etichetate ca fiind forme de stres nutriţional.

2. Mediul geografic

Organismul uman este un sistem deschis, receptiv la factorii de mediu. Factorii naturali de mediu şi factorii socioculturali sunt cunoscuţi în literatura de specialitate sub denumirea de factori mesologici.

Mediul geografic intervine asupra creşterii şi dezvoltării (mai ales în primii cinci ani de viaţă) prin condiţiile de microclimat: aer, soare, temperatură, lumină, umiditate, presiune atmosferică, raze ultraviolete.

Climatul cald este incriminat în lungimea membrelor inferioare, iar cel rece în lungimea trunchiului. Astfel, se explică de ce africanii au membrele inferioare lungi, iar eschimoşii trunchiul bine dezvoltat.

Climatul excesiv de cald şi altitudinea de peste 1500 m au consecinţe negative asupra taliei, care scade datorită hipoxiei cronice.

Dezvoltarea staturală a sugarului este mai scăzută în perioada octombrie – martie şi mai rapidă în perioada martie – septembrie. La preşcolari şi şcolari se constată intensificarea creşterii în greutate în intervalul august – septembrie şi în înălţime în perioada aprilie – iulie.

Zona temperată şi lumina influenţează pozitiv creşterea.

În Europa se distinge o succesiune descrescândă pe zone, în direcţia nord-centru-sud, a valorilor medii ale greutăţii şi înălţimii. Această grupare corespunde latitudinii şi este expresia influenţei condiţiilor de mediu, care a dus la formarea tipului antropologic regional. Astfel, popoarele nordice au cele mai mari medii ale înălţimii şi greutăţii; valorile scad spre sud, iar în centrul Europei se înregistrează valori intermediare.

Diferenţele morfologice produse de mediul geografic pot modifica semnificativ performanţele sportive. Astfel, sprinterii şi săritorii în înălţime de tip african au membrele inferioare mai lungi şi bazinul mai îngust decât omologii lor europeni. Unii cercetători susţin că această morfologie conferă un raport putere/masă corporală favorabil sportivilor de tip african, ceea ce reprezintă un avantaj incontestabil în probele de sărituri şi în cursele de sprint, unde producţia rapidă de energie pentru perioade scurte este crucială. Acest avantaj este mai mic în probele de aruncări.

Sportivii de tip asiatic au gambele mai scurte în raport cu partea superioară a corpului, comparativ cu cei de tip african sau european, ceea ce reprezintă un avantaj pentru cursele pe distanţe medii şi lungi sau pentru halterofili.

3. Factorii socio-economici

Nivelul de dezvoltare economică al unei ţări se reflectă în produsul intern brut (PIB), care stă la baza nivelului de trai. Acesta determină starea de sănătate, de educaţie şi cultură; în ţările în curs de dezvoltare se constată diferenţe şi între mediul urban şi cel rural.

Copiii proveniţi din mediul urban beneficiază de alimentaţie, locuinţă şi un nivel de îngrijire mai bun decât cei din mediul rural; de aceea prezintă valori medii superioare ale parametrilor creşterii.

Nivelul de şcolarizare al părinţilor, situaţia lor financiară, condiţiile igienico-sanitare existente în mediul familial (locuinţa salubră/insalubră, suprapopulată, cu/fără lumină etc.), posibilitatea acordării îngrijirilor medicale corespunzătoare reprezintă factori sociali cu impact direct asupra creşterii şi dezvoltării.

Copiii unici şi cei proveniţi din medii sociale favorizate sunt mai bine dezvoltaţi decât cei din medii defavorizate (statut socio-economic al familiei).

Malnutriţia uşoară, bolile cronice, mediul social defavorizant, frânează creşterea şi dezvoltarea copilului, ca fenomen adaptativ la solicitările fiziologice şi metabolice.

Ameliorarea factorilor mesologici în perioada de creştere va permite reluarea traiectoriei creşterii normale. În schimb, prelungirea perioadei nefavorabile va determina un retard în atingerea puseului pubertar de creştere, a maturizării sexuale şi a taliei finale.

4. Factorii culturali

Nivelul de cultură influenţează stilul de viaţă (life style).

Life style este un termen complex; include o serie de norme şi valori ca modele ale comportamentului fizic, social şi mental al unui individ şi variază cu vârsta, sexul şi mediul cultural.

Studii recente (2004), efectuate de cercetători germani, cu sprijinul unor parteneri din ţări europene, au încercat să surprindă faţetele interculturale comune, dar şi particularităţile naţionale ale stilului de viaţă. Trăsăturile specifice sunt determinate genetic, dar factorii culturali influenţează în mod direct procesele individuale prin care se dezvoltă un anumit stil de viaţă.

Sedentarismul şi activitatea fizică reprezintă componente esenţiale ale stilului de viaţă, modele ale comportamentului fizic, social şi mental.

Studiile menţionate au evidenţiat că nivelul activităţilor fizice scade cu vârsta, mai ales la fete; nu s-au înregistrat diferenţe mari între nivelul activităţilor fizice desfăşurate de europeni, comparativ cu populaţia Americii de Nord (Armstrong, 2004); în ultimii 10 ani a crescut numărul cazurilor de sedentarism.

Tipul de bucătărie, orarul meselor, numărul orelor de odihnă, numărul meselor festive cu aport alimentar cantitativ şi calitativ diferit de cel al meselor obişnuite, comportamentul alimentar (restricţii autoim-puse de sportivi sau de persoane care doresc să fie

la modă, bulimia sau anorexia ca stări patologice etc.) reflectă, alături de tipul de activitate fizică, nivelul de educaţie al populaţiei şi pot avea rol limitativ sau stimulativ asupra creşterii şi dezvoltării fizice.

Sportul reprezintă unul din aspectele dezvoltării socioculturale ale unei ţări. Evaluarea aptitudinilor fizice la copii furnizează date utile elaborării politicilor naţionale privind sănătatea, alimentaţia, educaţia fizică şi sportul.

Vom prezenta în următoarele tabele câteva din rezultatele studiilor efectuate de cercetătorii germani W. D. Brettschneider & R. Naul (2004). Acestea evidenţiază aspecte ale factorilor economico-socioculturali, care influenţează creşterea şi dezvoltarea copiilor şi a tinerilor dintr-o serie de ţări europene.

Tabelul 4.3 – Caracteristici demografice naţionale
(Currie, Hurrelmann, Settertobulte, Smith &Todd, 2000)

Ţara	Populaţie		Şomeri%	Nr. membri/ familie	Vârsta medie la căsătorie (ani)	
	Nr. total	16-18 ani (%)			Bărbaţi	Femei
Austria	8.072.200	7,1	7,1	2,5	28,9	26,6
Belgia	5.912.400	7	5,3	2,5	31	29
Cehia	102.999.125	7,8	5,4	2,8	27,7	
Danemarca	5.294.900	6	7,9	2,2	35,3	32,7
Groenlanda	55.000	9,4	8	2,8	-	-
Estonia	1.462.100	8,9	10	2,3	26,3	24,1
Finlanda	5.147.000	12,5 (10-19 ani)	12,7	2,9	33,3	30,7
Franţa	58.604.000	8	12,5	2,6	29	26,9
Germania	82.012.000	5,4	13,1	-	33,4	30,6
Grecia	10.475.900	8	10,3	3	31,8	27,4
Ungaria	10.174.400	10,4	8,7	2,9	29,7	
Irlanda	3.680.600	8,9 (10-14 ani)	8,5	-	27	25
Letonia	2.479.900	8,9	7	2,4	25,7	23,6
Lituania	3.707.200	9	5,9	-	27,1	25,2
Norvegia	4.392.700	12 (10-19 ani)	4,1	2,1	33,4	30,4
Polonia	38.880.000	8,5	10,3	3,2	-	-
Portugalia	9.955.400	-	3,9 bărbaţi 6,2 femei	-	-	-
Slovacia	5.387.600	9,5	12,9	2,7	27,2	24,3
Suedia	6.847.600	6,9	8	2,1	32,2	29,6
Elveţia	7.096.500	6,9	5,2	3,1	-	-
Anglia	47.900.300	7,2	6	2,4	26,5	
Irlanda de Nord	1.675.000	9,2	8,5	2,7	29,2	
Scoţia	5.122.500	7,6	8,7	2,4	26,7	
Wales	2.921.100	6,5	11,3	2,5	28,3	28,6

Tabelul 4.4 – Participarea la activități sportive organizate de către adolescenți de 12-13 ani și de 17 ani în Polonia (după Charzewski, 1997)

				Ai participat la activităţi sportive organizate?		Unde faci sport? (%)		
Vârstă	Sex	Mediu	Nr.	Nu (%)	Da (%)	Activităţi fizice extra-curiculare	Cluburi sportive	În alte locuri
12-13 ani	masc.	oraşe mari	433	42,5	57,5	66,7	27,7	18,1
		oraşe medii	449	53	47	57,3	31,3	19,4
		oraşe mici	484	57,6	42,4	61	52,7	7,3
		rural	501	56,9	43,1	59,7	33,3	9,7
		Total	**1867**	**52,8**	**47,2**	**61,4**	**35,8**	**13,8**
	fem.	oraşe mari	429	57,8	42,2	55,2	21,5	33,7
		oraşe medii	424	68,4	31,6	73,9	5,2	23,1
		oraşe mici	460	72,4	27,4	69	18,3	23,8
		rural	524	59,5	40,5	88,7	17,5	6,1
		Total	**1837**	**64,5**	**35,5**	**72,6**	**16,2**	**20,7**
17 ani	masc.	oraşe mari	207	50,7	49,3	45,1	56,9	45,1
		oraşe medii	220	54,5	45,5	47	54	47
		oraşe mici	219	51,6	48,4	59	42,5	59
		rural	172	64	36	48,4	51,6	48,4
		Total	**818**	**54,8**	**45,2**	**50,3**	**51,1**	**50,3**
	fem.	oraşe mari	269	66,9	33,1	29,2	71,9	29,2
		oraşe medii	285	74	36	27	74,3	27
		oraşe mici	257	66,9	33,1	24,7	75,3	24,7
		rural	219	79,5	20,5	31,1	68,9	31,1
		Total	**1030**	**71,6**	**28,4**	**27,6**	**73**	**27,6**

Tabelul 4.5 – Distribuţia procentuală a energiei/nutrimenţi în raţia alimentară zilnică

Ţara	Vârsta (ani)	Anul publicaţiei	Grăsimi (%)	Hidro carbonaţi (%)	Proteine (%)
Spania (Madrid)	6- 14	1996	43	40	17
Grecia	2 - 14	1997	41	44	15
Polonia	11 - 15	1990-2000	37-42	47-52	10-11
Slovacia	copii şi adoles-cenţi	2003	36-39,7	–	–
Elveţia	11- 16	2000	37	49	14
Marea Britanie	7-8	1996	37	49	-
Irlanda	12 - 18	1997	35,7-37	46,8- 50	13,7- 14,5
Germania	1-18	2000	36	49	13
Suedia	3- 5	2001	36	52	14
Cehia	10	1994	35	54	11
Italia	adoles-cenţi	2000	35	–	–
Portugalia	adoles-cenţi	2000	31-33	–	–

5. Factorii afectiv-educativi

Climatul calm şi optimismul favorizează dezvoltarea copiilor. Stările conflictuale atmosfera nefavorabilă din familiile dezorganizate o întârzie, aşa cum se întâmplă şi în cazul copiilor instituţionalizaţi.

Copiii proveniţi din mediul urban au acces la un nivel educaţional superior, comparativ cu cei din mediul rural.

4.2.5. Fenomenul de accelerare seculară a creşterii (*secular trend*)

Schimbările seculare corespund unei creşteri a taliei şi a greutăţii medii a populaţiei şi unei scăderi a vârstei la care este atinsă maturitatea sexuală.

Astfel, în urmă cu 100 de ani, creşterea se încheia la vârsta de 20-25 de ani, iar în prezent, la 17-22 ani. Menarha se instala în medie la 15 ani, iar în prezent la cca 11-13 ani. Totodată, cercetările din ultimul secol au evidenţiat că fetele sunt mai înalte decât mamele şi băieţii decât taţii cu cca 5-10 cm.

Fenomenul nu este pe deplin explicat. Se pare că accelerarea creşterii este consecinţa schimbărilor nutriţionale şi a obiceiurilor alimentare în relaţie cu industrializarea. Astfel, în perioada preindustrială oamenii se hrăneau mai ales cu produse naturale, aportul

alimentar era limitat şi cunoştea fluctuaţii în funcţie de anotimp (sezon). În perioada industrializării, aprovizionarea cu produse naturale a fost mai bună-cvasiconstantă (s-au dezvoltat transporturile), a crescut consumul de carne etc.

Astăzi, societatea este conştientă de influenţa calităţii alimentelor şi a normelor de igienă care trebuie respectate.

Industrializarea şi schimbările asociate nu s-au produs simultan în toate ţările, de aceea nici schimbările seculare nu au apărut în acelaşi timp.

În ţările europene, succesiunea a fost următoarea: Anglia, apoi Belgia, ţările scandinave şi, la începutul secolului XX, Franţa, Spania etc. S-a evidenţiat influenţa consumului de proteine asupra accelerării creşterii. Astfel, în Japonia, în perioada 1950-1960 s-au produs schimbări în alimentaţie: a scăzut consumul de orez şi a crescut consumul de carne şi lapte, ceea ce a dus la creşterea spectaculoasă a taliei copiilor japonezi.

S-a invocat paralelismul dintre factorii nutriţionali şi schimbările seculare pe de o parte, cât şi între nivelul dezvoltării economice şi accelerarea creşterii, pe de altă parte.

John Kombs de la Universitatea din Műnchen a studiat influenţa factorilor economici asupra biologiei umane şi a constatat că „în vremuri bune populaţia creşte, iar în vremuri sărace populaţia creşte mai puţin". Astfel, înălţimea nu a crescut constant de-a lungul istoriei a suferit variaţii în funcţie de bunăstarea economică, înregistrându-se aşa-numitul „efect de acordeon".

Evoluţia seculară a taliei continuă să fie observată în majoritatea ţărilor europene: mai scăzută în ţările nordice (0,3 cm/deceniu) şi mai crescută în ţările sudice (2,5 cm/deceniu în Bulgaria, Italia, Polonia, Spania şi 3,5 cm/deceniu în Grecia).

În Europa Occidentală, talia creşte constant cu 1 cm/deceniu (Hauspie et al, 1997).

Evoluţia seculară a taliei este legată de lungimea membrelor inferioare (Tanner, 1990; Takaiski, 1995).

Interpretarea secular trend are în vedere şi factorul genetic, dar acesta poate fi influenţat de factorii mesologici, care pot induce o variaţie a înălţimii finale a descendenţilor cu 20%.

Problema este că populaţiile umane se schimbă continuu prin fenomenul de migraţie, iar interpretările măsurătorilor se fac în raport cu nou-născuţii din părinţi autohtoni.

Bagajul genetic s-a modificat foarte puţin de-a lungul existenţei noastre. Măsurători făcute pe schelete au evidenţiat că înălţimea medie a bărbaţilor din epoca de piatră era de 179 cm, valoare care a fost atinsă abia în secolul trecut. Nu există o explicaţie certă, dar se presupune că populaţia Europei era în număr foarte mic, iar resursele de hrană erau îndestulătoare.

Evoluţia seculară se răsfrânge nu numai asupra înălţimii; afectează ansamblul dimensiunilor şi proporţiilor corporale. Astfel, diametrul biacromial, lungimea membrelor superioare dimensiunile toracelui au scăzut.

S-a modificat conformaţia capului, a scăzut lăţimea şi a crescut lungimea acestuia în ţări ca: Bulgaria, Belgia, Franţa, Germania, Ungaria.

Au fost înregistrate şi modificări ale greutăţii corporale. Astfel, dacă în anii '70 s-a constatat o scădere a greutăţii corporale începând cu vârsta de 13-15 ani, din anii '80 tendinţa este inversă. Supraponderalitatea şi obezitatea apar la vârste din ce în ce

mai mici, situaţie explicabilă prin obezitatea mamei şi creşterea incidenţei diabetului gestaţional (Zellner et al, 2004).

Sintetizând, cauzele fenomenului de creştere seculară sunt:

- îmbunătăţirea condiţiilor socio-economice;
- progresele realizate în domeniul nutriţiei;
- accelerarea vieţii omenirii din toate punctele de vedere (instalarea precoce a pubertăţii, începerea precoce a vieţii sexuale etc.);
- practicarea sistematică, de un număr tot mai mare de indivizi, a activităţilor fizice sau a sportului de performanţă;
- modificarea genetică a produselor alimentare (legume, fructe, animale);
- experimente cu efect momentan inobservabil, dar cu ecou important la distanţă etc.

În acest moment, se pare că fenomenul de accelerare a creşterii s-a redus, chiar a stagnat în unele ţări europene. Cauza nu a fost elucidată; este de natură economică sau ne apropiem de limita superioară a înălţimii ??? Unii specialişti susţin că ne aflăm la sfârşitul unui ciclu de evoluţie, care va fi urmat de altul, caracterizat prin descreştere.

Alţii (Hauspie şi Vercauteren, 2004) găsesc că există două motive pentru această decelerare: condiţiile mesologice au devenit optime pentru exprimarea completă a genotipului sau condiţiile mesologice nu s-au mai ameliorat în ultimele decenii.

Auxologia este abia la începuturile ei.

OMS propune ca monitorizarea creşterii şi dezvoltării să se realizeze pe baza următorilor parametri: talie, greutate, perimetre, maturaţie osoasă şi dentară.

Creşterea şi dezvoltarea sunt apreciate prin compararea parametrilor fizici evaluaţi cu standardele de referinţă, pe grupe de vârstă şi sex, pe subiecţi din aceeaşi zonă geografică.

4.2.6. Secular trend şi performanţa motrică

Secular trend se regăseşte şi în performanţele motrice, care au înregistrat modificări spectaculoase.

Studiul tendinţelor seculare din punctul de vedere al aptitudinilor fizice s-a realizat prin testele EUROFIT (teste de aptitudini multidimensionale), la recomandarea Comitetului Miniştrilor Statelor Membre ale Uniunii Europene la acea dată (19 mai 1987).

Bateria de teste EUROFIT a fost aplicată în perioada 1987 – 1990 copiilor şi adolescenţilor din Statele Membre ale U.E. şi a evaluat: anduranţa cardiorespiratorie, aptitudini neuromusculare (forţa, supleţea, viteza) şi compoziţia corporală (tabelul 4.6).

Obiectivele introducerii acestei baterii de teste au fost:

- uniformizarea măsurătorilor privind evaluarea condiţiei fizice în Europa;
- stabilirea unor norme şi standarde specifice cât mai multor populaţii europene, pentru a se putea realiza comparaţii la nivel continental şi nu numai;
- resistematizarea testelor cardiorespiratorii, motorii şi antropometrice.

Tabelul 4.6 – Teste EUROFIT
(Anexă la Recomandarea Comitetului Miniştrilor Statelor Membre asupra Testelor de Aptitudine fizică EUROFIT, 19 mai 1987)

Dimensiune	Factor	Test EUROFIT
Anduranţa cardiorespiratorie	Anduranţa cardiorespiratorie	- cursa naveta în anduranţă (20 m) - testul pe bicicletă ergometrică
Forţa	Forţa statică	- dinamometrie manuală
	Forţa explozivă	- săritură în lungime de pe loc
Anduranţa musculară	Forţa funcţională	- suspensie cu braţele flectate
	Forţa trunchiului	- redresare din poziţia aşezat
Viteza	Viteză -coordonare	- naveta 10 x 5 m
	Viteza membrelor	- test tapping
Supleţea	Supleţea	- flexia trunchiului din poziţia aşezat
Echilibrul	Echilibrul general	- test de echilibru Flamingo
Măsurători antropometrice		- talia (cm)
		- greutatea (kg)
		- ţesut adipos (5 plici cutanate: biceps, triceps, subscapulară, suprailiacă, proximală a gambei)
Date de identitate		Vârstă (ani, luni)
		Sex

Testarea a evidenţiat modificări semnificative ale parametrilor evaluaţi, încadrate în secular trend.

S-au produs scăderi la nivelul:

– anduranţei cardiorespiratorii, începând cu vârsta de 16 ani;
– forţei statice şi dinamice;
– supleţei, care a afectat mai ales muşchii ischio-gambieri.

Creşterile au vizat:

– plicile cutanate;
– indicele masei corporale (IMC sau body mass index - vezi cap. 6).

Toate aceste modificări sunt consecinţe ale schimbărilor stilului de viaţă, devenit sedentar, la care se adaugă consumul alimentar excesiv şi neechilibrat.

OMS a declarat că inamicul numărul unu al umanităţii este sedentarismul. Această declaraţie are la bază patologia specifică sedentarismului: boală coronariană, hipertensiune arterială, accidente vasculare cerebrale, osteoporoză (la vârste din ce în ce mai mici), obezitate, diabet zaharat, patologie articulară prin suprasarcină (determinată de excesul ponderal), anumite forme de cancer etc.

În acest context, se impune creşterea calităţii vieţii prin promovarea activităţilor fizice şi sportive la toate categoriile de vârstă. Prevenirea multor boli nu se poate realiza printr-un mijloc mai eficient şi mai nenociv decât exerciţiul fizic.

Capitolul 5

ÎNĂLȚIMEA CORPULUI - INDICATOR AL CREŞTERII ŞI DEZVOLTĂRII FIZICE

5.1. EVOLUȚIA ÎNĂLȚIMII CORPORALE ÎN ONTOGENEZĂ

5.2. EVALUAREA ÎNĂLȚIMII CORPORALE

5.1. Evoluţia înălţimii corporale în ontogeneză

Înălţimea corpului reprezintă distanţa dintre vertex şi planul plantelor (basis). Până la vârsta de 2 ani se foloseşte pentru înălţime termenul de lungime, iar după această vârstă sunt utilizaţi termenii de înălţime, statură sau talie.

La 6 săptămâni, lungimea embrionului este de 0,5 cm. În perioada intrauterină (fetală) se obţine aproximativ 30% din talia finală. La naştere, talia medie ajunge la 50 cm, cu variaţii între 47 şi 55 cm.

Înălţimea corpului este expresia creşterii scheletului.

Tabelul 5.1 – Dinamica de creştere medie staturală în primul an de viaţă

Vârsta (luni)	Creştere (cm)
Luna I	4
Luna II-III	câte 3
Luna IV	2
Lunile V-XII	câte 1

Între 1şi 2 ani, creşterea medie a taliei este de 1 cm pe lună (10-12 cm/an). Procesul de creştere realizează în etapa infantilă (0-18 luni) 15% din talia finală. În al treilea an de viaţă înălţimea corpului înregistrează un spor de 6-9 cm, iar la 4 ani se dublează.

După vârsta de 4 ani, viteza anuală de creştere a staturii este de 5-7 cm pe an, atinge un vârf între 5 şi 7 ani, apoi scade lent.

Un nou puseu de creştere în înălţime se înregistrează la debutul pubertăţii. Dacă pubertatea se instalează mai devreme, câştigul statural este mai mare. La vârsta adultă, talia nu va fi semnificativ modificată, valoarea ei fiind direct proporţională cu înălţimea din momentul puseului pubertar.

La fete, ritmul anual de creştere staturală se accelerează în perioada pubertară de la 5 la 10 cm (se descrie a doua accelerare care debutează de obicei la vârsta de 11 ani), încât sporul statural înregistrat în perioada pubertară este de 26 cm; talia finală medie atinge 160 cm (148-171 cm).

La băieţi, a doua accelerare a creşterii în înălţime se produce mai târziu faţă de primele semne ale pubertăţii (12,5 ani), ritmul anual creşte tot de la 5 la 10 cm, dar sporul statural pubertar este de aproximativ 25 cm; talia finală medie atinge 173 cm (165-185 cm).

Cele mai mari creşteri staturale pubertare sunt înregistrate de copiii cu părinţi înalţi, deoarece în această perioadă coeficienţii de corelaţie dintre înălţimea părinţilor şi descendenţi ating valori maxime. Se pare că influenţa eredităţii asupra staturii este de 10 ori mai mare în comparaţie cu factorii de mediu.

În jurul vârstei de 14-15 ani la fete şi 16-17 ani la băieţi, rata de creştere scade semnificativ şi se opreşte odată cu maturizarea osoasă (17-19 ani la fete şi 21-23 ani la băieţi).

Tabelul 5.2 – Valori probabile ale înălţimii finale la băieţi (Dragnea et al, 2002) - procentaj din înălţimea la diferite vârste

Vârsta (ani)	Procentajul înălţimii din înălţimea finală
10 ani	78,21%
11 ani	80,95%
12 ani	84,82%
13 ani	87,18%
14 ani	91,26%
15 ani	95,28%
16 ani	98,01%
17 ani	99,47%

O talie mică în copilărie poate persista şi la adult. Aceasta poate fi genetic determinată (moşteneşte părinţi cu versiunea mică a genei $HGMA_2$) sau constituţională (prin întârzierea vârstei osoase). Un retard de peste 3 ani al vârstei osoase impune un control endocrinologic, deoarece este posibilă depistarea unei boli endocrine (hiposecreţie de hormon somatotrop hipofizar sau o hiposecreţie a glandei tiroide). Alte cauze de natură patologică ale taliei mici sunt: deformări ireductible ale coloanei vertebrale, genu valgum accentuat, boli genetice, boli cronice, malnutriţie etc.

La vârsta adultă statura se menţine în platou, iar după 45 ani începe să regreseze, ca urmare a involuţiei discurilor intervertebrale şi accentuării treptate a curburilor fiziologice ale coloanei vertebrale.

Înălţimea corpului reprezintă suma dimensiunilor longitudinale a următoarelor segmente: cap, gât, trunchi şi membre inferioare. Creşterea acestor segmente prezintă variaţii individuale, de aceea doi indivizi cu aceeaşi înălţime pot avea proporţii diferite. Astfel, decalajele fiziologice de creştere dintre trunchi şi membrele inferioare modifică indicele scheletic. La nou-născut trunchiul este mai lung decât membrele inferioare.

Specialiştii de la Institutul Naţional de Medicină Sportivă (2002) evidenţiază că decalajul cel mai mare dintre aceste segmente apare la vârsta de 3 ani, când trunchiul este mai lung decât membrele inferioare cu 17 cm la fete şi cu 20 cm la băieţi; disproporţia se reduce la fete cu 9 cm, în jurul vârstei de 10-12 ani, iar la băieţi cu14 cm către vârsta de14 ani.

Între 13 şi 18 ani, fetele înregistrează un nou puseu de creştere a trunchiului, pentru ca la 18 ani acesta să depăşească membrele inferioare cu 12 cm. Tot la 18 ani, trunchiul băieţilor este cu 8 cm mai lung decât membrele inferioare.

Indicele scheletic este important în sportul de performanţă. La anumite categorii de sportivi, cu statură înaltă, membrele inferioare trebuie să fie lungi, pentru a răspunde solicitărilor biomecanice specifice (atleţi curse de 800-1500 m, săritori în înălţime); la alte categorii sunt necesare membre inferioare scurte, pentru a se asigura stabilitate în execuţia tehnică, prin coborârea centrului de greutate (este cazul fotbaliştilor).

În perioadele de creştere şi, în special, în cele de creştere intensivă, exerciţiile pentru dezvoltarea forţei vor fi aplicate cu prudenţă, deoarece acest tip de activitate determină închiderea prematură a cartilajelor de creştere. Astfel, nu se vor folosi încărcături peste 30% din greutatea corpului şi nu se va lucra în planuri situate deasupra capului. Cele mai utilizate sunt exerciţiile în care încărcarea se realizează prin greutatea propriului corp sau a segmentelor.

Datorită determinismului genetic, talia are o importanţă deosebită în selecţia sportivă, constituind un criteriu de bază pentru unele ramuri sportive: baschet, volei, canotaj şi altele.

Institutul Naţional de Medicină Sportivă prezintă pentru populaţia adultă din România valori medii ale staturii pe sexe, pe baza cărora se poate face selecţia sportivă. Este foarte importantă încadrarea sportivului în categoria de înălţime, deoarece în sport cerinţele sunt foarte variate: de la staturi mici în gimnastica sportivă şi până la staturi înalte în baschet, handbal, polo, rugby.

Tabelul 5.4 – Valori medii ale staturii *(A.Gurău - INMS 2002)*

Statura	Băieţi	Fete
Înaltă	> 180 cm	> 170 cm
Medie	> 170 cm	> 160 cm
Mică	sub 160 cm	sub 150 cm

Practicarea sistematică a unor ramuri de sport, cu deosebire a jocurilor sportive (baschet, volei, handbal), dar şi a unor probe atletice şi a altor ramuri de sport, influenţează în sens favorabil creşterea în înălţime, datorită structurilor tehnice şi stimulării specifice a capacităţii de efort.

Pe baza relaţiei de proporţionalitate dintre talie şi lăţimea cotului, Metropolitan Life Insurence Company a stabilit 3 tipuri morfologice/sexe. În cazul subiecţilor cu *morfologie normală,* valorile sunt cele din tabelul 5.5. Valori mai mici indică *morfologia gracilă,* iar valori mai mari caracterizează *morfologia masivă.*

Se consideră că statura caracterizează cel mai bine dezvoltarea individului, de aceea este mărimea faţă de care se pot raporta toate celelalte măsurători antropometrice.

Tabelul 5.5 – Relaţia talie – lăţime cot *(după Metropolitan Life Company, 1983)*

Bărbaţi		Femei	
Talie (cm)	Lăţimea cotului (cm)	Talie (cm)	Lăţimea cotului (cm)
157-160	6,3-7,3	147-150	5,4-6,3
163-170	6,3-7,3	153-160	5,4-6,3
173-175	7,0-7,6	163-170	6,0-6,7
183-191	7,0-7,9	173-175	6,0-6,7
>193	7,3-8,3	>183	6,3-7,0

5.2. Evaluarea înălţimii corporale

5.2.1. Metode directe

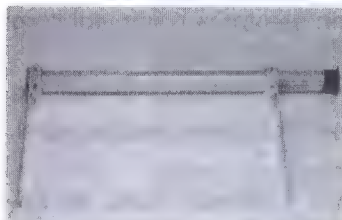


Fig. 5.1 – Pediometru

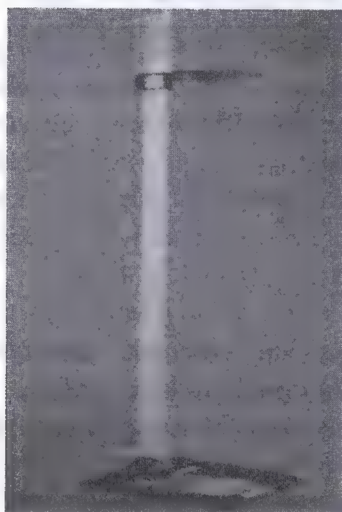


Fig. 5.2 – Taliometru

Înălţimea corporală este determinată direct, prin măsurarea distanţei dintre vertex şi planul plantelor. Până la vârsta de 2 ani, măsurarea corectă se realizează în poziţie orizontală (decubit) cu pediometrul (fig. 5.1).

După vârsta de 2 ani, poziţia standard este verticală (stând), iar măsurarea se efectuează cu taliometrul (fig. 5.2).

Subiectul în poziţia stând trebuie să atingă taliometrul cu călcâiele, fesele, omoplaţii şi opistocranionul (protuberanţa occipitală externă). Capul este menţinut cu bărbia în piept, privirea orizontală, astfel încât linia imaginară (linia Frankfurt) care uneşte marginea superioară a conductului auditiv extern (tragion) cu marginea inferioară a orbitei să fie perpendiculară pe tija gradată a taliometrului.

Cursorul taliometrului se opreşte la nivelul vertexului, care reprezintă punctul cel mai înalt al corpului. Pe tija gradată se citeşte înălţimea subiectului.

Talia prezintă variaţii fiziologice tranzitorii diurne, datorate forţelor de compresiune, care acţionează la nivelul discurilor intervertebrale şi elimină apa din nucleul pulpos. Astfel, discurile se aplatizează pe parcursul zilei, când individul desfăşoară activităţi curente şi se deplasează, pentru a reveni la dimensiunile normale, în cursul odihnei nocturne. Variaţii tranzitorii fiziologice ale taliei apar şi sub influenţa antrenamentelor cu greutăţi. Diferenţele înregistrate între măsurători efectuate pe parcursul unei zile pot ajunge până la 3 cm.

Discurile intervertebrale reprezintă 25-30% din lungimea totală a coloanei vertebrale. La rândul ei, lungimea coloanei vertebrale reprezintă 40% din înălţimea corporală.

Datorită variaţiilor fiziologice tranzitorii diurne, se recomandă ca măsurarea taliei să fie efectuată dimineaţa.

5.2.2. Metode indirecte

Înălţimea ideală (I) poate fi determinată prin tehnici indirecte, de calcul matematic, pe baza unor formule şi indici sau prin compararea înălţimii corporale, determinată cu pediometrul sau taliometrul, cu standardele acestui parametru conţinute în nomogramele sau hărţile de creştere (raportarea este posibilă până la vârsta de 20 ani).

Formule de calcul

După vârsta de 2 ani se utilizează:

- ***formula lui Geldrich***:

I(cm) = 5v + 80, în care v = vârsta în ani

- ***formula lui Weech***:

I(cm) = 6v + 77, în care v = vârsta în ani

Metodele indirecte de determinare a înălţimii corporale se aplică şi în cazul adulţilor care prezintă o stare severă de denutriţie (nu pot menţine poziţia stând) sau o deformare severă a coloanei vertebrale (cifoză, scolioză).

În aceste situaţii, se aplică formula:

I(m) = [0,72 x (2 x hemianvergura)] + 0,43

Hemianvergura reprezintă distanţa dintre suprasternal (punctul superior al manubriului sternal, pe linia mediană) şi dactilion; membrul superior este abdus la 90°. Măsurarea hemianvergurii se realizează de ambele părţi ale corpului. Dacă există diferenţe de lungime, se reţine pentru calcul valoarea mai mare.

Indici

Indicele statural (I.S) = Înălţimea reală/Înălţimea corespunzătoare vârstei

Pe baza indicelui statural se apreciază starea de nutriţie. Un raport mai mic de 1 (0,96) evidenţiază o stare de malnutriţie cronică. Sunt trei grade de malnutriţie, cu următoarele valori:

I.S. = 0,95-0,90 = malnutriţie de gradul I;
I.S. = 0,89-0,85 = malnutriţie de gradul II;
I.S. < 0,85 = malnutriţie de gradul III.

Indicele statural reflectă starea de sănătate pe termen lung.

Nomograme sau hărţi de creştere în înălţime

Monitorizarea creşterii se realizează prin compararea parametrilor: înălţime, perimetru cranian şi greutate, cu standardele de referinţă, întocmite pe categorii de vârstă (0 – 36 luni şi 2 – 20 ani) şi sex. Standardele de referinţă sunt oferite de hărţile de creştere, numite şi nomograme. Acestea au fost întocmite în urma măsurării şi cântăririi a mii de copii şi publicate de Centrul Naţional pentru Statistica Sănătăţii din SUA (graficele 5.1 şi 5.2).

Parametrii creşterii au fost prelucraţi statistic şi reprezentaţi grafic printr-o curbă îngroşată, care reprezintă valoarea medie a parametrului măsurat pe categorii de vârstă şi sex. Aceasta este a 50-a curbă a funcţiei de repartiţie, ceea ce înseamnă că dintr-un număr de 1000 de fete sau băieţi de aceeaşi vârstă, 500 sunt deasupra şi 500 sub curba îngroşată, care corespunde percentilei 50. Superior şi inferior acesteia sunt trasate cu linie normală alte curbe, a 10-a, 25-a, 75-a, 90-a curbă a funcţiei de repartiţie.

Curbele acestor nomograme corespund unor valori reprezentate de:

a) *percentile* (procente), care apreciază poziţia unui membru al populaţiei studiate faţă de ceilalţi membri.

b) *deviaţii standard* (DS), care măsoară gradul de dispersie a valorilor observate în jurul valorii medii.

Limitele normalului sunt largi, cuprinse între 97 percentile (care corespund DS + 2) şi 3 percentile (care corespund DS – 2).

Dacă procesul de creştere se desfăşoară în mod normal, progresia în lungime sau înălţime trebuie să corespundă standardelor stabilite în funcţie de vârstă, sex şi potenţial genetic. De exemplu, un copil care se înscrie pe curba a 25-a este mai înalt decât 250 subiecţi şi mai scund decât 750 subiecţi de aceeaşi vârstă şi acelaşi sex.

Cât timp creşterea este normală, copilul se înscrie între a 10-a şi a 90-a curbă a funcţiei de repartiţie, respectiv între 3 şi 97 percentile şi între – 2DS şi + 2DS. Evaluarea repetată a copilului va crea acestuia un „canal, culoar sau itinerariu" propriu. Se consideră că un copil se dezvoltă armonios când se menţine pe aceeaşi curbă; situaţia este gravă, când, la determinări repetate, copilul se situează sub sau deasupra limitelor normalului.

La vârsta copilăriei diagnosticul de anormalitate nu se stabileşte pe baza unei singure determinări situate în afara normalului. Este mult mai importantă monitorizarea longitudinală a parametrului măsurat (tabelul 5.6.).

Graficele sunt adaptate pentru copii născuţi prematur şi pentru cei cu greutate mică la naştere.

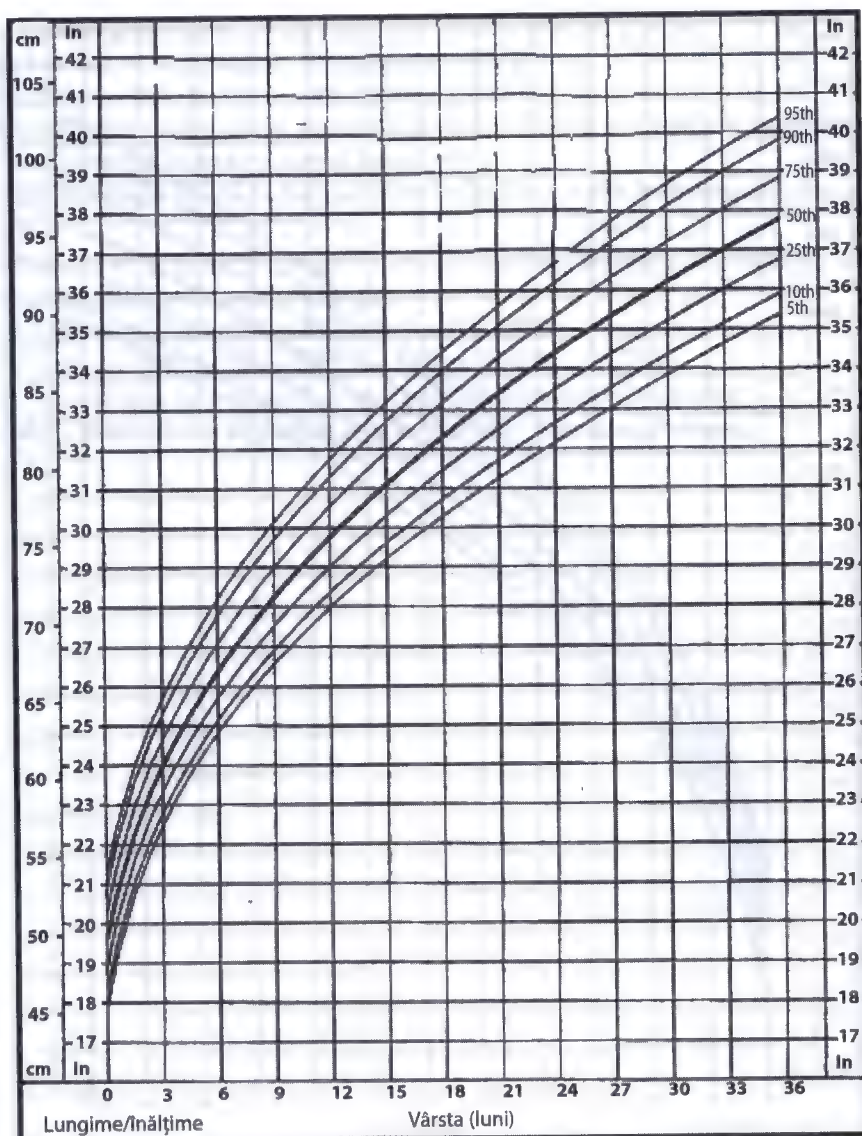
Un retard al creşterii în înălţime semnifică o încetinire în dezvoltarea scheletului, secundară unei cauze cronice, care a acţionat o lungă perioadă, motiv pentru care şi recuperarea deficitului va fi de durată.

Tabelul 5.6 – Diagnosticul creşterii în înălţime pe baza nomogramei

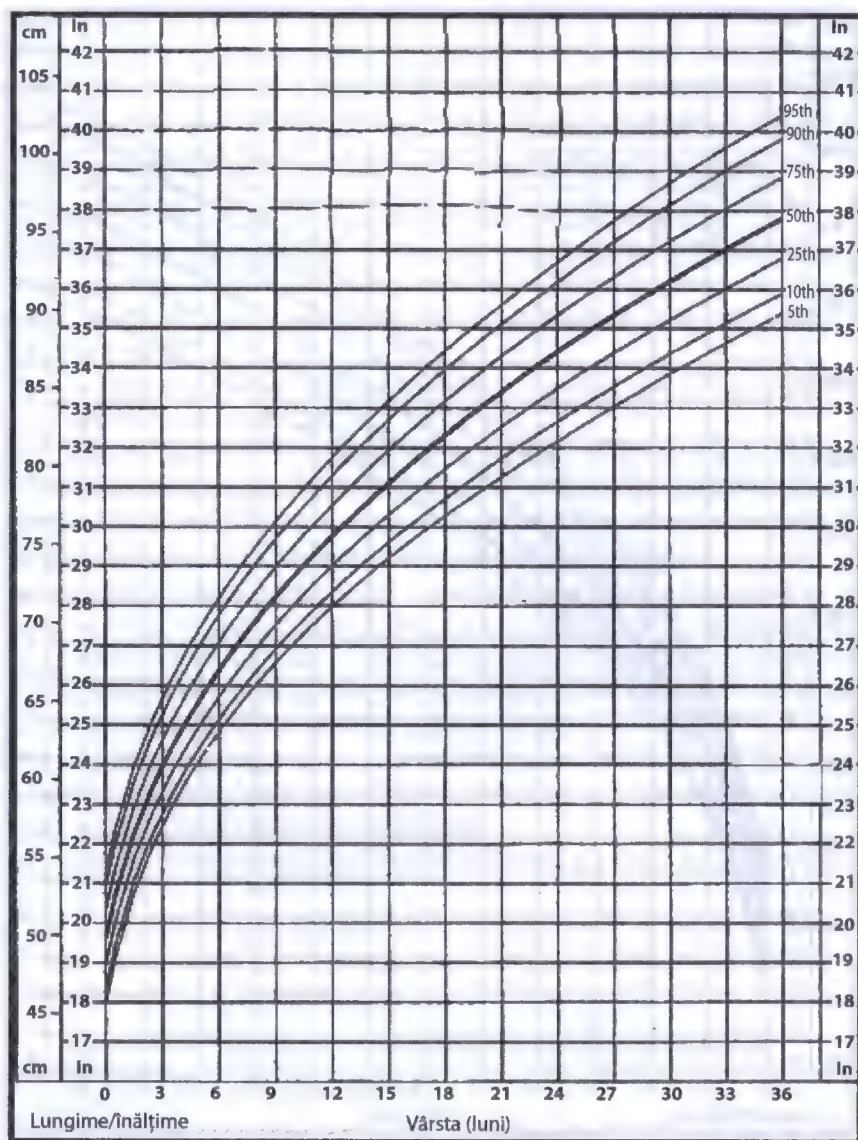
Parametrul	Valori percentile/DS		
	< 3 percentile (-2 DS)	>97 percentile (+2 DS)	3-97 percentile (-2 DS/+2 DS)
Talie	retard al creşterii în înălţime (hipostatural)	talie mare (hiperstatural)	talie normală (normostatural)

Prognoza înălţimii corporale definitive

Prognoza creşterii în înălţime se poate realiza prin mai multe metode; unele implică tabele deja elaborate pe diferite populaţii, iar altele constau în metode radiologice şi genetico-matematice.



Grafic 5.1 – Nomograma de creştere în înălţime - băieţi 0-36 luni



Grafic 5.2 – Nomograma de creştere în înălţime - fete 0-36 luni

1. Metoda radiologică se bazează pe corelaţia dintre maturitatea sexuală şi osoasă. Maturizarea osoasă este apreciată cu ajutorul vârstei osoase. Vârsta osoasă se stabileşte prin momentul şi cronologia apariţiei nucleilor de osificare, dar şi în funcţie de intensitatea dezvoltării acestora. Prin examen radiologic s-au stabilit scheme ale vârstei osoase, care corespund cu anumite vârste cronologice.

Nucleii de osificare se observă pe imaginile radiologice ale oaselor carpiene şi tarsiene, ale oaselor genunchiului (extremităţii tibiei şi femurului), crestei iliace etc.

2. Metoda genetică este mai puţin precisă, dar uşor de utilizat:

- Talia băieţilor = Talia tatălui + Talia mamei + 13/2;
- Talia fetelor = Talia tatălui + Talia mamei - 13/2.

Galton (1889) a emis legea geometrică a contribuţiei ereditare a ascendenţilor la înălţimea corporală, numită şi „legea ancestrală":

1/4 din înălţimea fiecăruia dintre cei doi părinţi şi 1/6 din înălţimea fiecăruia din cei 4 bunici.

Mavlicek (1977), citat de Dragnea (2002), susţine că statura probabilă poate fi determinată după următoarele formule:

- Talia băieţilor = (Talia tatălui + Talia mamei) x 1,08/2;
- Talia fetelor = (Talia tatălui x 0,923) + Talia mamei/2.

Alte metode prin care poate fi prognozată înălţimea definitivă sunt:

Tanner - Wihehouse, Bayley, Rocher - Wainer - Thiessen, Pinneau.

[illegible]

Capitolul 6

GREUTATEA CORPORALĂ – INDICATOR AL CREŞTERII ŞI AL DEZVOLTĂRII FIZICE

6.1. EVOLUŢIA GREUTĂŢII CORPORALE ÎN ONTOGENEZĂ

6.2. EVALUAREA GREUTĂŢII CORPORALE

6.1. Evoluţia greutăţii corporale în ontogeneză

Greutatea corporală (G) reprezintă suma greutăţilor structurilor care compun organismul. Evoluţia ei ontogenetică este spectaculoasă.

Nou-născutul are o greutate medie de 3000-3500 g, cu variaţii între 2500 şi 4500 g. La naştere, greutatea fetelor este cu 200-300g mai mică decât a băieţilor.

În funcţie de greutate, nou-născuţii sunt:

– subponderali, când G < 2500 g;
– normoponderali, când G = 3000-3500 g (cu limite extreme 2500-4500 g);
– supraponderali, când G > 4500 g.

După naştere, în primele 4-5 zile, se produce o scădere fiziologică în greutate (aproximativ 5-10%), pentru ca în următoarele 6-7 zile să se revină la greutatea iniţială. Ulterior, greutatea corporală evoluează astfel:

– în lunile I-IV creşte cu câte 750 g/lună (total 3000 g);
– în lunile V-VIII creşte cu câte 500 g/lună (total 2000 g);
– în lunile IX-XII creşte cu câte 250 g/lună (total 1000 g).

Astfel, la vârsta de 1 an, un copil cu o greutate de 3000 g la naştere ajunge să cântărească 9000 g.

Între 1 şi 2 ani, greutatea creşte cu cca 250 g/lună. După vârsta de 2 ani, sporul ponderal este de aproximativ 2-2,5 kg/an până la pubertate.

În concluzie, greutatea se dublează la 5 luni, se triplează la 12 luni şi creşte de 5 ori la 36 de luni.

Între 11 şi 16 ani, greutatea creşte cu 3-5 kg/an, iar între 16 şi 22 de ani, cu 2-3 kg/an.

Cercetările antropologice evidenţiază faptul că, la naştere, greutatea variază de la o populaţie la alta, în funcţie de zona geografică. Astfel, în ţările din Europa de Nord, nou-născuţii au cele mai mari greutăţi medii (3500 g), apoi greutatea scade treptat, pe măsură ce ne îndreptăm spre sudul Europei.

Tabelul 6.1 – Evoluţia greutăţii corporale în raport cu vârsta cronologică

Vârsta	Greutate (kg)	Relaţia faţă de greutatea la naştere
nou-născut la termen	3	–
5 luni	6	se dublează
12 luni	9	se triplează
36 luni	15	creşte de 5 ori

În perioada prepubertară (10-11 ani), greutatea fetelor o depăşeşte pe cea a băieţilor, realizându-se „prima încrucişare" a curbelor ponderale. La 14-15 ani, fenomenul se produce în sens invers, greutatea băieţilor o depăşeşte pe cea a fetelor, realizându-se „a doua încrucişare" a curbelor ponderale. La băieţi, vârful creşterii ponderale coincide cu valoarea maximă a creşterii staturale, fenomene care se produc în jurul vârstei de 14 ani.

În perioada pubertară la băieţi, achiziţia medie este de 9 kg (6-13 kg), ajungându-se la finele acesteia la o greutate de cca 65 kg. La fete, rata câştigului ponderal mediu din perioada pubertară este de 8 kg (6-11 kg), ceea ce înseamnă o greutate finală medie de cca 52 kg.

La vârsta adultă, greutatea corporală se plasează în jurul unei valori stabile. Caracteristicile genetice îşi pun amprenta asupra evoluţiei individuale. Bărbaţii au mai multă masă musculară şi osoasă.

Tabelul 6.2 – Recomandări ale National Institutes of Heath
(organism american al sănătăţii)

Talia (cm)	Greutatea (kg)			
	19-34 de ani		Peste 35 de ani	
	Femei	Bărbaţi	Femei	Bărbaţi
152,4	44	58	49	62,5
154,9	46	60	50,5	65
157,5	47	62	52	67
160, 0	48,5	64	54	69
162,6	50,5	66	55,5	73,5
165,1	51,5	68	57	73,5
167,6	53,5	70	59	76
170,2	55	72,5	61	78
172,7	56,5	74,5	62,5	80,5
175,3	58,5	76,5	64,5	83
177,8	60	79	66	85
180,3	61,5	81	68,5	88
182,9	63,5	83,5	70	90
185,4	65	85,5	72	93
188,0	67	88,5	74,5	95
190,5	69	90,5	76	98
193,0	70,5	93	78,5	100,5
195,6	72,5	95,5	80	103,5
198,1	74,5	98	82,5	106

Riscul ca un copil să devină obez este de 40% dacă un părinte este obez, 80% dacă ambii părinţi suferă de această afecţiune şi sub 10% dacă niciunul dintre părinţi nu prezintă exces ponderal (Gannem H et al, 1993).

Odată cu înaintarea în vârstă, greutatea tinde să crească, iar în perioada de senectute scade un timp, după care se stabilizează.

6.2. Evaluarea greutăţii corporale

6.2.1 Metode directe

Greutatea corporală poate fi determinată direct prin cântărire. Cântarele utilizate diferă în funcţie de vârsta subiectului investigat.

Pentru copii de la 0 la 1 an se utilizează cântare speciale cu coşuleţ. Cântărirea se realizează în poziţia decubit dorsal. Cântarele pentru această vârstă sunt fie din metal cu coşuleţ de plasă, fie ergonomice cu coşuleţ ergonomic de plasă. Se pot utiliza şi cântare electronice de mare precizie.

Pentru adulţi şi copii cu vârsta de peste 1 an se utilizează: cântare cu tijă sau cântare digitale, moderne, care indică greutatea la gram.



a) cântar cu tijă *b) cântar digital*

Fig. 6.1 – Tipuri de cântare

Monitorizare:

Cântărirea se va efectua întotdeauna în condiţii standard, dimineaţa înainte de prima masă, după evacuarea tubului digestiv, subiectul fiind complet dezbrăcat.

Greutatea unui adult este măsurată cu o eroare de +/– 0,5 kg, deoarece este influenţată de cantitatea de apă reţinută de ţesuturi în funcţie de dieta sau de metabolismul subiectului, conţinutul colonului, eroarea cântarului etc.

Cântărirea se efectuează:
- zilnic, la nou-născut (primele 30 de zile);
- bisăptămânal sau săptămânal, la sugarul mic;
- lunar, la sugarul mare;
- trimestrial sau semestrial, la copilul de peste 1 an.



Fig. 6.2 – Cântar digital pentru persoane cu dizabilități

6.2.2 Metode indirecte

Greutatea ideală poate fi determinată indirect, prin calcul matematic, pe baza unor formule şi indici sau prin compararea greutății corporale, determinată prin cântărire, cu standardele acestui parametru conţinute în nomograme sau hărţi de creştere (raportarea este posibilă până la vârsta de 20 de ani).

Formule de calcul al greutăţii corporale ideale

❑ ***Formula lui Finkelstein*:**
- pentru sugarul cu vârsta între 0 şi 6 luni:

G (g) = G la naştere + (700 V)
V = vârsta în luni

- pentru sugarul mare cu vârsta între 6 şi 12 luni:

G (g) = G la naştere + (600 V)
V = vârsta în luni

❑ ***Formula lui Hermann*** pentru copilul de peste 2 ani:

G (kg) = (2V) + 9 V
V = vârsta în ani

❑ ***Formula lui Broca,*** pe baza căreia greutatea (kg) se raportează la înălţime. Formula este diferită pe sexe:
- pentru bărbaţi:

G (kg) = înălţimea (cm) – 100

- pentru femei:

G (kg) = Înălţimea (cm) – 105

În cazul persoanelor înalte, valorile obţinute sunt prea mari. De aceea, formula este controversată. Se mai utilizează doar datorită uşurinţei cu care se efectuează calculul.

❑ ***Formula lui Brusch (Broca modificată)*** pe baza căreia greutatea se raportează la anumite intervale ale înălţimii:
- pentru subiecţi cu înălţimea de până la 165 cm

G(kg) = Înălţimea (cm) – 100

- pentru subiecţi cu înălţimea între 166 şi 175 cm

G(kg) = Înălţimea (cm) – 105

- pentru subiecţi cu înălţimea de peste 175 cm

G(kg) = Înălţimea (cm) – 110

Formula este aplicabilă atât la nesportivi, cât şi la sportivi.

❑ ***Formula lui Monnerot-Dumaine:***

G ideală (kg) = [Înălţimea (cm) – 100 x Perimetrul articulaţiei pumnului (cm)]/2

❑ ***Formula lui Bornhardt:***

G ideală (kg) = [Înălţimea (cm) x Perimetrul toracelui (cm)]/240

❑ ***Formula lui Lorentz,*** pe baza căreia calculul greutăţii (kg) este mai precis; se utilizează mai ales pentru studii clinice:

G (kg) = (Înălţimea – 100) – [(Înălţimea -150)/2 sau 4*]

*raportarea la 2 se utilizează în cazul persoanelor de sex feminin şi la 4 în cazul persoanelor de sex masculin.

Exemplu de calcul pentru un subiect de sex feminin cu înălţimea de 170 cm:
(170 – 100) – [(170 – 150)/2]
70 – [20/2]
70 – 10 = 60 kg

❑ ***Formulele lui Vandervael*** calculează greutatea (kg) pe baza înălţimii (cm) sau pe baza înălţimii (cm) şi a vârstei (ani):

– pentru bărbaţi:

G ideală (kg) = 50 + [(Înălţimea – 150) x 0,75]

sau

G ideală (kg) = 50 + [(Înălţimea – 150) x 0,75] + [(Vârsta – 20)/20]

– pentru femei, formulele se înmulţesc cu 0,9.

❑ ***Formulele lui Creff***

a) pentru subiecţi cu morfologie normală:

G ideală (kg) = [Înălţimea (cm) – 100] + [Vârsta (ani)/10 x 0,9]

Exemplu de calcul pentru un subiect cu înălţimea de 170 cm şi vârsta de 50 ani:
(170 – 100) + (50/10 x 0,9)
70 + (5 x 0,9)
70 + 4,5 = 74,5 kg

b) pentru subiecţi cu morfologie gracilă:

G ideală (kg) = [Înălţimea (cm) – 100] + [Vârsta (ani)/10 x 0,9 x 0,9]

c) pentru subiecţi cu morfologie masivă:

G ideală (kg) = [Înălţimea (cm) – 100] + [Vârsta (ani)/10 x 0,9 x 0,9 x 1,1]

Fomulele pe baza vârstei par a fi mai fidele, cunoscându-se variaţiile greutăţii în funcţie de vârsta subiectului.

***Tabelul 6.3 – Relaţie greutate - talie** (Metropolitan Life Insurence Company, 1983)*

Bărbaţi				Femei			
Talie (cm)	Morfologie gracilă	Morfologie normală	Morfologie masivă	Talie (cm)	Morfologie gracilă	Morfologie normală	Morfologie masivă
157	58-61	59-64	63-68	124	46-50	49-55	54-59
160	59-62	60-65	64-69	125	47-51	50-56	54-61
163	60-63	61-66	64-71	152	47-52	51-57	55-62
165	61-64	62-67	65-73	155	48-54	52-59	57-64
168	62-64	63-68	66-74	157	49-55	54-60	58-65
170	63-66	64-70	68-76	160	50-56	55-61	59-67
173	64-67	66-71	69-78	163	52-58	56-63	61-68
175	64-68	67-73	70-80	165	53-59	58-64	62-70
178	65-70	68-74	72-82	168	54-60	59-65	64-70
180	66-71	70-75	73-83	170	56-62	60-67	65-74
183	68-73	71-77	74-85	173	57-63	62-68	66-76
185	69-74	73-79	76-87	175	59-64	63-69	68-77
188	70-76	74-81	78-89	178	60-66	64-71	69-78
191	72-78	76-83	80-92	180	61-67	66-72	70-80
193	73-80	78-85	82-94	183	63-68	67-73	72-81

❑ ***Formulă agreată de nutriţionişti***:

G ideală (kg) = Înălţimea (cm) – 100 – 10% din diferenţă

Exemplu calcul pentru un subiect cu înălţimea = 170 cm:
G = [170 – 100] – 10% din diferenţă
G = 70 – 7 = 63 kg

Indici

a) Sub vârsta de 2 ani se calculează:
- indicele ponderal (IP);
- indicele nutriţional (IN).

Indicele ponderal reprezintă raportul dintre greutatea din momentul măsurării (numită greutate actuală) şi greutatea ideală, exprimate în grame.

IP = G actuală/G ideală pentru vârstă

Greutatea ideală pentru vârstă reprezintă suma dintre greutatea la naştere şi câştigul mediu lunar până la vârsta din momentul cântăririi.

Interpretare:
IP = 0,90 – 1,00 = valoare normală;
IP = 0,89 – 0,76 = malnutriţie protein-calorică de gradul I (deficitul ponderal este de 10 – 25%);

IP = 0,75 – 0,60 = malnutriţie protein-calorică de gradul II (deficitul ponderal este de 25 – 40%);

IP < 0,60 = malnutriţie protein-calorică de gradul III (deficitul ponderal este de peste 40%).

Indicele ponderal are valoare orientativă, pentru că nu corelează greutatea cu lungimea (înălţimea) copilului. Acest indice poate fi calculat şi pentru adulţi. Când greutatea unui subiect reprezintă peste 120% din greutatea ideală, se stabileşte diagnosticul de obezitate medie; de la 140% din greutatea ideală se apreciază că subiectul prezintă obezitate gravă (Friker J., 1996).

Indicele nutriţional reprezintă raportul dintre greutatea din momentul cântăririi şi greutatea ideală (exprimate în grame) corespunzătoare creşterii copilului în lungime:

IN = G actuală/G ideală corespunzătoare creşterii în lungime

Interpretare:

IN = 0,90-1,00 = valoare normală;

IN = 0,89-0,81 = malnutriţie protein-calorică de gradul I;

IN = 0,80-0,71 = malnutriţie protein-calorică de gradul II;

IN < 0,70 = malnutriţie protein-calorică de gradul III.

b) Peste vârsta de 2 ani se calculează indicele masei corporale (IMC) numit şi ***indicele Quetelet***. Indicele masei corporale este corespondentul în limba română a BMI (Body Mass Index).

Indicele masei corporale (IMC) reprezintă raportul dintre greutatea din momentul cântăririi (exprimată în kg) şi pătratul înălţimii (exprimată în m^2).

$$IMC = G\ actuală/Înălţime^2$$

Valorile normale ale IMC sau BMI sunt pentru femei de 19-25 şi pentru bărbaţi de 20,5-25 kg/m^2 (tabelele 6.3 şi 6.4).

Tabelul 6.4. – Interpretarea indicelui masei corporale (National Institutes of Health SUA)

Valoare IMC kg/m^2	Interpretare
< 16	insuficienţă ponderală foarte severă
16 < 17	insuficienţă ponderală gravă
17 < 18,5	insuficienţă ponderală moderată
18,5 - 25	NORMAL
25 < 30	exces ponderal moderat (supraponderal)
30 < 35	exces ponderal grav (obezitate gradul I)
35 < 40	exces ponderal foarte grav (obezitate gradul II)
> 40	obezitate morbidă, monstruoasă (gradul III)

Tabelul 6.5. – Interpretarea indicelui masei corporale (ONU, 2003)

Valoare IMC kg/m²	Interpretare
< 18,5	hipoponderal, slab
18,5 - 24,9	NORMAL
25 - 29,9	exces ponderal
30 - 34,9	obezitate moderată
35 - 39,9	obezitate severă
> 40	obezitate morbidă

Prognostic

Potrivit OMS, indicele masei corporale reprezintă standardul în evaluarea riscurilor legate de excesul ponderal la adult. În cazul copiilor şi al adolescenţilor trebuie corelat cu nomogramele de creştere somatică. IMC reprezintă o metodă fiabilă pentru adulţi cu vârste între 20 şi 65 de ani. Nu poate fi utilizat în următoarele cazuri: femei însărcinate, femei care alăptează, persoane musculoase.

Subiecţii cu valori normale ale IMC sunt longevivi. Valorile crescute ale IMC în copilărie reprezintă un factor de risc pentru afecţiuni cardiovasculare, ale vezicii biliare, dislipidemii, diabet zaharat etc. Riscul creşte cu v ârsta la ambele sexe.

Când IMC > 25, creşte rata mortalităţii, iar dacă IMC depăşeşte 30 kg/m² rata mortalităţii creşte cu 50%.

Valori foarte scăzute ale IMC indică risc pentru patologie pulmonară sau gastrointestinală.

Tabelul 6.6.– Clasificarea riscurilor de îmbolnăvire în legătură cu IMC

Clasificare	BMI - (kg/m²)	Riscul de îmbolnăvire
Subponderal	< 18,5	mărit
Normal	18,5 - 24,9	cel mai mic
Supraponderal	25,0 - 29,9	mărit
Obezitate gr. I	30,0 - 34,9	ridicat
Obezitate gr. II	35 - 39,9	foarte ridicat
Obezitate de gr. III	≥ 40,0	extrem de ridicat

Sursa: *Health Canada, Canadian Guidelines for body weight classification in adults, Minister of Public Works and Government Services Canada; 2003*

Determinarea greutăţii şi a indicelui masei corporale ne dă posibilitatea să încadrăm subiectul în stările de normalitate sau abatere, în sensul excesului sau al insuficienţei.

Pe baza acestor măsurători nu obţinem informaţii despre cantitatea de ţesut adipos. Indicele masei corporale poate fi crescut, fără ca subiectul să prezinte ţesut adipos în exces, sau poate fi normal, chiar subnormal pentru vârstă, sex, înălţime, dar cu exces de ţesut adipos.

La sportivi, valorile indicilor trebuie interpretate în relaţie cu cerinţele diferitelor discipline sportive. Astfel, în sporturile de forţă, indicii vor fi mult mai mari, comparativ cu practicanţii jocurilor sportive, ai probelor de fond din atletism sau cu populaţia sedentară. Valorile mai mari sunt consecinţa dezvoltării masei musculare, nu a ţesutului adipos.

Este interzisă scăderea ponderală forţată la copii, practicanţi ai sporturilor legate de categorii de greutate (până la încetarea proceselor de creştere şi dezvoltare); ei vor schimba periodic categoria de greutate, deoarece scăderea forţată cu 2% a greutăţii corporale reduce randamentul muscular cu 20%.

În stabilirea stării de nutriţie se va avea în vedere greutatea optimă din perioada formei sportive, caracterizată printr-o stare de nutriţie optimă.

Nomograme sau hărţi de creştere a greutăţii corporale

Monitorizarea creşterii greutăţii se realizează, ca şi în cazul înălţimii, prin compararea greutăţii subiectului testat cu standardele de referinţă întocmite pe categorii de vârstă (0-36 de luni şi 2-20 de ani) şi sex, conţinute în hărţile de creştere somatică.

Pe harta de creştere a greutăţii este trasată o linie curbă îngroşată, care reprezintă valoarea medie a greutăţii şi corespunde percentilei 50.

Superior şi inferior acesteia sunt alte curbe trasate cu linie normală (graficele 6.1 şi 6.2).

Un spor normal în greutate grupează valorile înregistrate la cântăriri succesive între două curbe ale hărţii, realizând un „culoar, itinerariu sau canal" propriu de creştere.

Dacă la determinări succesive valorile depăşesc, inferior sau superior, două linii curbe vecine, rezultă un deficit sau un exces al stării de nutriţie. Astfel:

- dacă greutatea scade, intersectând două linii percentile inferioare culoarului propriu, scăderea persistă mai mult de o lună, rezultă o stare de malnutriţie acută;
- dacă greutatea creşte intersectând două linii percentile superioare culoarului propriu, creşterea persistă 3-6 luni, rezultă o stare de supraponderalitate sau obezitate.

Hărţile de creştere sunt mai utile decât indicatorii antropometrici deoarece permit raportarea creşterii copilului la media valorii pentru grupa de vârstă (percentila 50), în cazul în care nu se cunoaşte greutatea sau lungimea de la naştere. Se poate aprecia, astfel, gradul malnutriţiei, acută sau cronică, folosind următoarele formule:

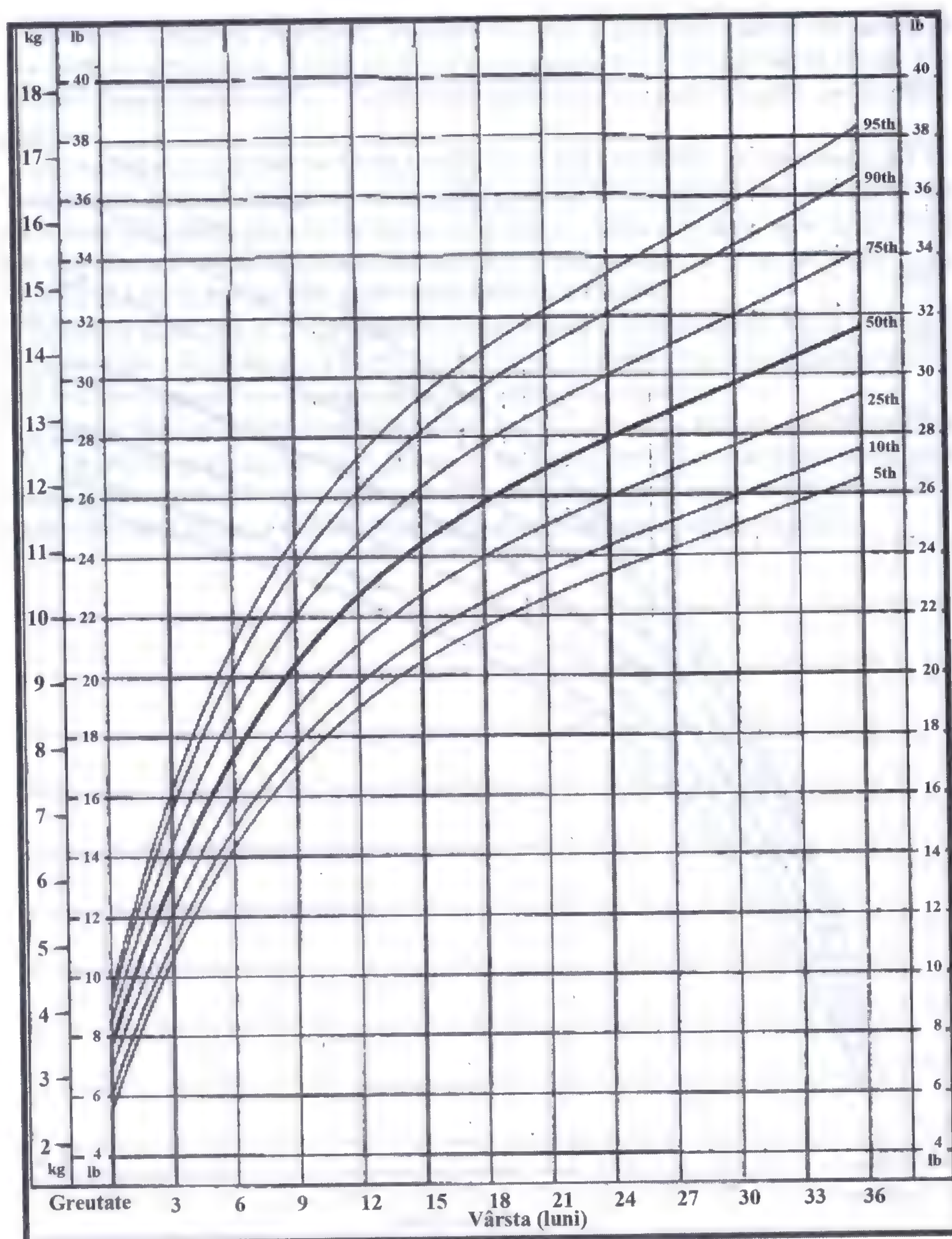
❑ pentru malnutriţie acută

Greutatea în momentul cântăririi x 100/Greutatea pentru lungime la percentila 50 (valoare medie normală)

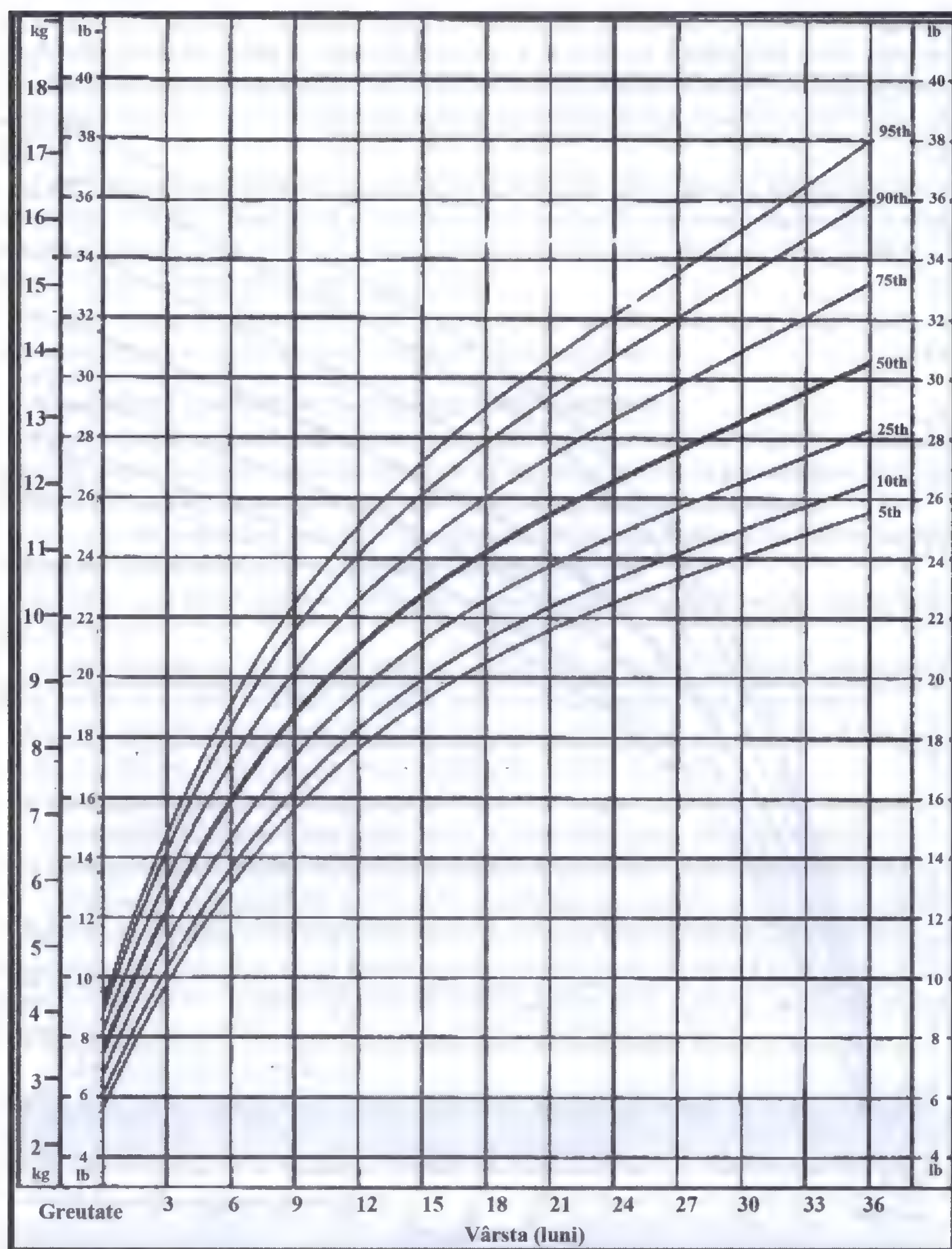
❑ pentru malnutriţie cronică

Greutatea în momentul cântăririi x 100/Înălțimea la percentila 50 (valoare medie normală)

Calculul permite stabilirea diagnosticului corect şi instituirea măsurilor de suplimentare nutriţională.



Grafic 6.1. Nomograma de creştere în greutate – băieţi 0-36 luni



Grafic 6.2 – Nomograma de creştere în greutate – fete 0-36 luni

Greutatea corporală reprezintă, de fapt, o sumă a greutăţilor diferitelor structuri care compun organismul. Aceste structuri sunt grupate într-o componentă relativ fixă (schelet, viscere, sistem nervos, piele) şi o componentă variabilă (muşchi, ţesut adipos şi apă).

La un adult cu o greutate de 60 kg, componenta fixă cântăreşte aproximativ 20 kg, iar componenta variabilă, 40 kg, dintre care 30 kg reprezintă greutatea muşchilor şi 10 kg cea a ţesutului adipos. Apa reprezintă cca 60% din greutatea corporală. Aportul zilnic de apă este de cca 2550 ml, cantitate care provine din alimente (cca 1000 ml), ingestia de lichide (cca 1200 ml) şi din procesele metabolice (cca 350 ml).

Pierderile zilnice de apă sunt egale cu aportul şi se produc prin urină (cca 1250 ml), fecale (cca 100 ml), piele (cca 850 ml) şi plămâni (cca 350 ml). În acest context, cele mai mari variaţii ale greutăţii corporale se produc pe baza lichidelor.

Cântarul obişnuit ne oferă greutatea totală a acestor structuri, fără a face o diferenţiere între ele. Astfel, este posibil ca o persoană să aibă o greutate mai mare decât este considerată normal, dar ţesutul adipos să nu fie în exces. În aceste condiţii, evaluarea fidelă a greutăţii corpului este posibilă pe baza evaluării compoziţiei corporale.

Capitolul 7

COMPOZIȚIA CORPORALĂ

7.1. STRUCTURA COMPOZIȚIEI CORPORALE ŞI NIVELURI DE ORGANIZARE

7.2. METODE DE MĂSURARE ŞI EVALUARE A COMPOZIȚIEI CORPORALE

7.1. Structura compoziţiei corporale şi niveluri de organizare

Compoziţia corporală constă în suma diferitelor componente ale organismului uman, exprimată prin greutatea coporală. Ponderea acestor componente şi distribuţia lor constituie structura corpului şi se exprimă în valori absolute, relative sau procentual. Aceste valori exprimă nu numai caracteristicile fizice ale corpului, ci, implicit, pe baza lor primim şi informaţii privind funcţiile organismului. Astfel, determinarea compoziţiei corporale permite aprecierea corectă a stării de nutriţie, analiza variaţiilor fiziologice (în perioada de creştere, îmbătrânire, la sportiv), interpretarea metabolismului energetic, monitorizarea tratamentului dezechilibrelor nutriţionale şi hidrice (deshidratări sau edeme), precum şi elaborarea unor indicaţii terapeutice adecvate.

7.1.1. Niveluri de organizare ale compoziţiei corporale

Corpul uman este un sistem dinamic complex, alcătuit din subsisteme cu structură, compoziţie chimică şi densitate foarte diferite (proteine, apă, os, grăsimi etc.), menţinute în proporţii constante şi integrate funcţional. Orice perturbare în repartiţia lor va determina dezechilibre funcţionale, care vor creşte riscul de îmbolnăvire sau vor genera patologii specifice (obezitate, denutriţie, edeme sau stări de deshidratare).

Compoziţia corporală, abordată ca sistem cibernetic, este o structură organică descrisă pe 5 niveluri de subsisteme, a căror complexitate creşte progresiv.

După Wang et al (1992), acestea sunt:

- atomic;
- molecular;
- celular;
- ţesuturi şi sisteme;
- organismul în totalitate.

Subsistemul atomic cuprinde suma maselor a aproximativ 50 elemente chimice indispensabile vieţii. Masa coporală totală este determinată în procentaj de 98% de combinaţii ale oxigenului, carbonului, hidrogenului, azotului, calciului şi fosforului; celelalte 44 de elemente reprezintă mai puţin de 2% din masa corporală.

Subsistemul molecular de organizare se bazează pe cel puţin 100.000 de compuşi chimici, care pot fi sistematizaţi în 5 grupe:

- lipide;
- proteine;
- apă;
- carbohidraţi;
- minerale.

Subsistemul celular este format din:

- masa celulară totală, compusă din diferite tipuri de celule;

- lichidul extracelular, reprezentat de lichid interstiţial, plasmă, limfă;
- substanţe solide extracelulare, care includ substanţe organice (colagenul şi fibrele elastice) şi substanţe anorganice (de exemplu calciul şi fosforul din os).

Lichidele corpului (apa totală) se distribuie în compartimente hidrice (fig. 7.1), care asigură schimburile ionice la nivelul membranelor celulare. În afara compartimentului extracelular, apa se găseşte şi în interiorul celulelor, formând compartimentul intracelular. Conţinutul în apă nu este uniform repartizat şi depinde de: vârstă, sex, stare de nutriţie, efortul prestat, ţesutul considerat. Masa musculară conţine 1/2 din apa totală, pielea 1/5, iar sângele 1/10.

Subsistemul patru include ţesuturi, organe şi sisteme anatomo-funcţionale. Ţesuturile sunt în număr de patru: conjunctiv, epitelial, muscular şi nervos. Ţesutul osos şi cel adipos fac parte din ţesutul conjunctiv; împreună cu ţesutul muscular reprezintă 75% din greutatea corporală.

Ţesutul adipos are cea mai mică densitate. Valorile densităţilor structurilor care compun masa corporală sunt următoarele: 0,92-0,96g/cm^3 – ţesutul adipos; 1,18-1,33g/cm^3 – ţesutul osos; 1,065-0,96 g/cm^3 – ţesutul muscular; apa – 0,9937g/cm^3 (reprezintă 73,8% din masa non-grasă); mineralele 3,038 g/cm^3 (6,8% din masa non-grasă), iar proteinele 1,340 g/cm^3 (19,4% din masa non-grasă).

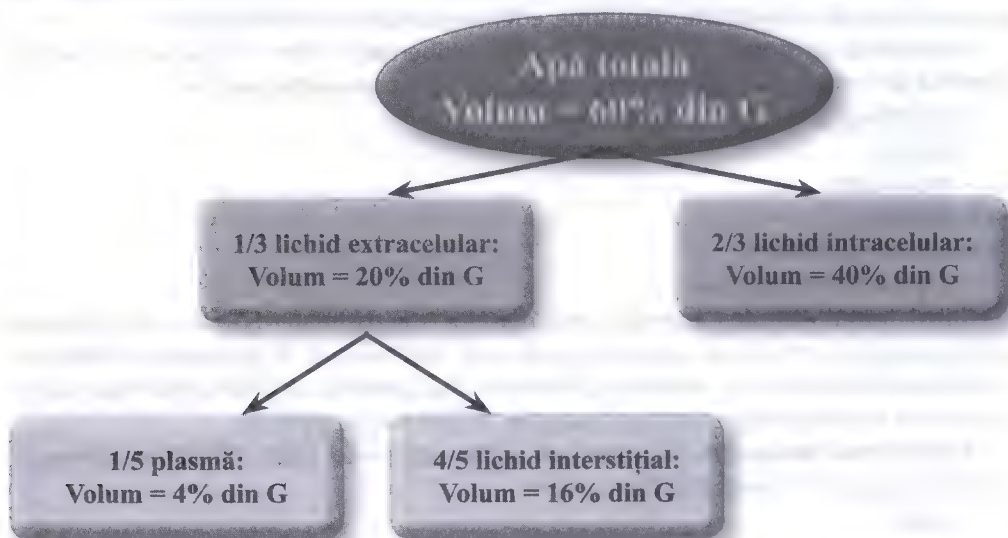


Fig. 7.1 – Repartiţia apei corporale

Subsistemul cinci consideră organismul ca un întreg, caracterizat prin înălţime, masă corporală şi volum. Pe parcursul vieţii, acestea se modifică prin: creştere şi dezvoltare, îmbătrânire, creştere sau scădere în greutate, antrenament sportiv sau imobilizare prelungită din cauze diverse.

7.1.2. Componentele masei corporale

Masa corporală reflectă compoziţia organismului, ale cărui componente sunt sistematizate pe diverse criterii: anatomic, biochimic, funcţional etc., descriindu-se tot atâtea modele.

Modelul fiziologic a permis introducerea noţiunii de compartiment. Compartimentul grupează toate componentele corporale legate între ele din punct de vedere funcţional, independent de localizarea anatomică sau de natura lor chimică.

Cel mai utilizat este modelul fiziologic, care sistematizează componentele masei corporale în două compartimente:

- masa grasă, inactivă metabolic sau cu activitate foarte redusă;
- masa non-grasă, activă metabolic, impropriu numită masa slabă (lean body mass LBM).

Masa grasă este reprezentată de celulele adipoase, numite adipocite, care formează ţesutul adipos, dispus subcutanat şi în jurul organelor interne. Numărul adipocitelor este de ordinul milioanelor. În aceste celule se acumulează grăsimi sub formă de trigliceride.

Creşterea ţesutului adipos se produce prin două mecanisme: hiperplastie (creşterea numărului de adipocite) şi hipertrofie (acumularea intracelulară de lipide). Lipidele reprezintă pentru organism cea mai importantă rezervă energetică mobilizabilă (poate atinge 120.000-140.000 kcal).

În afara ***grăsimilor de depozit***, masa grasă se compune şi din ***grăsimi esenţiale***, care se găsesc în măduva oaselor, sistemul nervos central, inimă, plămâni, ficat, splină şi rinichi. În absenţa acestor grăsimi, anumite structuri nu pot funcţiona.

Raportul dintre grăsimile care compun masa grasă (esenţiale şi de depozit) nu este identic la toţi indivizii; chiar şi la acelaşi individ prezintă variaţii de-a lungul vieţii.

Masa grasă este virtual lipsită de apă.

Masa non-grasă este compusă din:

- compartimente lichidiene: apa intra- şi extracelulară, care formează volumul total de apă;
- masă minerală osoasă, dispusă în schelet;
- masă proteică, dispusă în muşchi, tendoane, ligamente şi viscere.

Raportat la greutatea corpului, masa non-grasă reprezintă: 25% la nou-născut, 27% la 7 ani, 32% între 10 şi 16 ani, 44% la 17 ani şi 50% la adult.

Scheletul şi masa proteică formează masa celulară activă, care utilizează şi transformă energia furnizată de alimente.

Masa celulară activă este formată din: apă (55-65%), proteine (16-18%) şi minerale (6%, dintre care 2% reprezintă calciul). Componenta activă înregistrează cele mai mari variaţii.

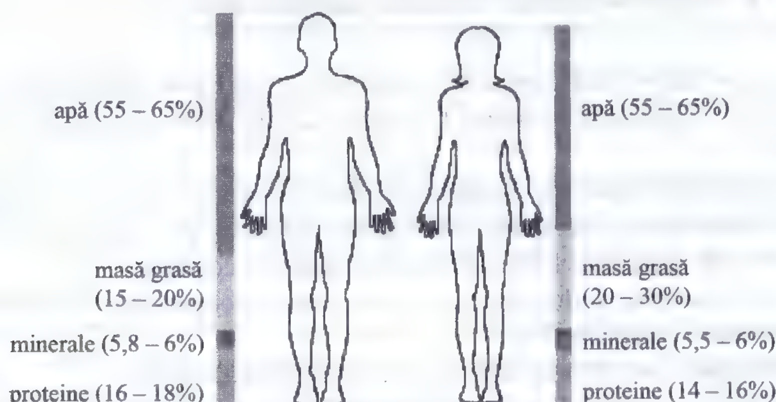


Fig. 7.2 – Compoziția corporală – la adulți

Începând cu vârsta de 30 de ani, masa musculară scade progresiv, iar țesutul pierdut este înlocuit cu țesut conjunctiv fibros și țesut adipos. Chiar și subiecții cu o greutate normală constantă pierd țesut muscular și depun țesut adipos, ca urmare a dietei bogate în grăsimi și a stilului sedentar de viață.

Tabelul 7.1 – Procentaj masă grasă la bărbați/grupe de vârstă

Vârstă (ani)	Masă grasă (%)
20 - 25	10 +/- 5%
25 - 50	14 +/- 6%
50 - 70	16 +/- 8%
peste 70	14 +/- 4%

Țesutul adipos prezintă variații semnificative în funcție de vârstă, sex, dietă, tip de activitate (sportivă sau sedentară).

Au fost stabilite standarde orientative privind procentajul minim și cel optim de țesut adipos.

Cel minim, absolut necesar menținerii stării de sănătate (lipide esențiale, indispensabile funcționării organismului în limite normale), este de 5% pentru bărbați și 12% pentru femei (rezervă mare, necesară în perioada sarcinii și a alăptării).

Valorile medii optime ale țesutului adipos sunt de 12-18% (10-25%) pentru bărbați și 16-25% (18-30%) pentru femei. Reducerea exagerată a țesutului adipos la femei poate produce amenoree, osteoporoză, hipovitaminoze etc.

Tabelul 7.2 – Procentaj masă grasă la femei/grupe de vârstă

Vârstă (ani)	Masă grasă (%)
până la 15 ani	30 +/- 7%
15 - 25	32 +/- 11%
peste 70	27 +/- 9%

După Brozek, o greutate corporală de 70 kg (la un adult) este distribuită astfel: 10 kg masă grasă, 20 kg apă extracelulară, 25 kg apă intracelulară, 4 kg minerale şi 11 kg proteine.

În timpul creşterii se produc modificări privind atât cantitatea de ţesut adipos, cât şi distribuţia acestuia. Creşterea numărului adipocitelor caracterizează perioadele copilăriei, pre- şi postpubertară. Odată formate, adipocitele persistă de-a lungul vieţii, consecinţele asupra sănătăţii fiind negative. Ca urmare, menţinerea greutăţii şi a compoziţiei corporale optime în aceste „perioade critice" este foarte importantă şi oferă posibilitatea unor predicţii pe termen lung.

Rolland &Cachera (1994) au constatat o creştere rapidă a ţesutului adipos către vârsta de 6 ani. Constatarea are valoare predictivă: dacă ţesutul adipos creşte către vârsta de 5 ani şi jumătate, riscul de obezitate la vârsta adultă este major.

În timpul adolescenţei, diferenţele de distribuţie a ţesutului adipos pe sexe sunt mai evidente.

Johnston (1992) a evidenţiat o tendinţă constantă de depunere a ţesutului adipos la nivelul trunchiului şi al membrelor. Achour (1987), Rolland & Cachera (1990) au constatat că, la sfârşitul perioadei de creştere, *băieţii* acumulează mai mult ţesut adipos *la nivelul feţei, al gâtului şi al abdomenului (supraombilical),* comparativ cu membrele. Această distribuţie centripetă este caracteristică sexului masculin, de aceea se mai numeşte androidă; diametrul biacromial mare şi excesul de ţesut adipos supraombilical imprimă obezităţii de tip android „aspect de măr".

Femeile au tendinţa de acumulare a ţesutului adipos mai ales periferic, *la nivelul şoldurilor, feselor şi coapselor;* distribuţia este caracteristică sexului feminin, de aceea se mai numeşte ginoidă; diametrul biacromial redus şi excesul de ţesut adipos din partea inferioară a corpului conferă obezităţii de tip ginoid un aspect particular, „de pară".

Obezitatea de tip android (Rebato, 2003) reprezintă un factor major de risc pentru boli cardiovasculare, neoplasme, diabet zaharat etc.

În cazul obezităţii de tip ginoid, complicaţiile metabolice sunt rare, dar predomină cele de tip mecanic (artroze prin suprasarcină) şi fenomenele de insuficienţă venoasă periferică. La acestea se adaugă prejudiciul de ordin estetic.

La sportiv, compoziţia corporală diferă în funcţie de biotipul constituţional (caracteristic diferitelor ramuri sau probe sportive), de starea de antrenament, perioada de pregătire şi dietă. Valorile medii optime ale ţesutului adipos sunt de 11-12% (6-13% la bărbaţi şi 12-19% la femei).

Tabelul 7.3 – Valori medii optime pentru ţesutul adipos (%)

Sex	Sedentari	Sportivi
Femei	16-25 (18-30)	12-19
Bărbaţi	12-18 (10-25)	6-13

În probele de sărituri şi gimnastică, ţesutul adipos defavorizează performanţa, de aceea procentajul trebuie să fie sub 9%.

În probele de rezistenţă este suficient un procentaj de 9%. În alte sporturi (tir, scrimă), procentajul poate creşte până la 15% din greutatea corporală, creşterea nefiind în defavoarea masei musculare active.

Creşteri mari ale ţesutului adipos sunt permise la atleţi, în probele de aruncări (tabelele 7.4, 7.5 şi 7.6).

Când excesul de ţesut adipos coexistă cu o masă activă normală, performanţa sportivă nu este afectată. În probele de forţă, la halterofil hipertrofia masivă a maselor musculare se însoţeşte şi de creşterea procentelor de apă.

Numeroase studii au evidenţiat că excesul de ţesut adipos reprezintă un inconvenient în atingerea performanţelor în sporturi care solicită capacităţile motrice condiţionale reprezentate de forţă sau viteză. În schimb, acelaşi exces de ţesut adipos este responsabil de creşterea capacităţii maxime aerobe, respectiv a performanţelor pe distanţe lungi, deoarece consumul energetic se realizează pe baza lipidelor; masa musculară activă este în relaţie de proporţionalitate directă cu forţa musculară şi capacitatea de performanţă.

S-a demonstrat că scăderea procentajului de ţesut adipos sub 8% la bărbaţi şi sub 14% la femei reduce capacitatea de performanţă, cu excepţia sporturilor amintite.

Compoziţia corporală este importantă pentru:

- evaluarea stării de nutriţie;
- analiza variaţiilor fiziologice pe parcursul evoluţiei ontogenetice (creştere, îmbătrânire);
- monitorizarea efectelor terapiei aplicate în dezechilibre nutriţionale;
- dirijarea procesului de antrenament;
- monitorizarea performanţelor la sportivi;
- monitorizarea dietei şi interpretarea metabolismului energetic.

Compoziţia corporală poate fi modificată prin regim alimentar şi efort fizic, practic prin realizarea unui echilibru între aportul şi consumul energetic. În timpul regimului alimentar, masa celulară activă nu trebuie să scadă (este mare consumatoare de energie). La greutăţi egale, un individ cu masă musculară mai mare consumă mai multă energie, chiar şi în timpul somnului. Când aportul depăşeşte consumul, excedentul este depozitat sub formă de lipide, în adipocite; iniţial se constată un exces ponderal, apoi se instalează obezitatea. În 95% din cazuri, pe lângă factorii genetici, alimentaţia iraţională şi sedentarismul sunt responsabile de apariţia obezităţii.

Un regim alimentar restrictiv, sărac în proteine şi nedublat de un program de exerciţii fizice, produce o scădere ponderală importantă, dar pierderea afectează, cel puţin în egală măsură, atât masa musculară, cât şi ţesutul adipos (1 kg de masă corporală pierdută corespunde la 500 g de ţesut adipos şi 500 g masă musculară; uneori, masa musculară scade mai mult). Dacă individul înregistrează o nouă creştere ponderală, 1 kg de masă corporală câştigată corespunde la 900 g ţesut adipos şi 100 g masă musculară.

Tabelul 7.4 – Masă totală şi procente masă grasă/masă non-grasă la sportivi (W.D. McArdle et al, 2004)

Sport	Masă corporală (kg)	Masă grasă (%)	Masă non-grasă (%)
Maraton	59,4	3,3	57,4
Gimnastică	69,2	4,6	66,4
Baschet (pivot)	109,2	7,1	101,4
Înot	79,0	6,8	73,6
Culturism	85,6	8,4	78,4
Lupte	74,2	9,1	67,5
Fotbal	76,5	9,6	68,2
Baschet (atacanţi şi apărători)	90,3	9,8	81,4
Schi fond	68,0	10,2	61,1
Patinaj viteză	76,5	11,4	67,8
Atletism – fond	67,2	11,8	59,3
Schi alpin	72,8	12,2	63,9
Haltere (nivel olimpic)	88,2	12,2	77,4
Dans clasic	65,4	14,5	55,9
Tenis	77,1	16,3	64,5
Aruncarea discului	107,6	16,4	89,9
Atletism - sprint	74,1	16,5	61,9
Aruncarea greutăţii	119,4	18,1	97,8
Fotbal american (linia defensivă)	107,5	18,4	87,7

Tabelul 7.5 – Masă totală şi procentaj masă grasă/masă non-grasă la sportive (W.D. McArdle et al, 2004)

Sport	Masă corporală (kg)	Masă grasă (%)	Masă non-grasă (%)
Culturism	52,5	8,4	48,1
Pentasalt	65,4	11,0	58,2
Atletism - fond	55,1	17,2	45,6
Înot	61,1	18,6	50,1
Schi fond	57,5	18,8	46,7
Atletism - sprint	56,7	19,3	45,8
Gimnastică	54,7	19,7	43,9
Dans clasic	44,8	20,1	35,8
Tenis	55,7	20,3	44,4
Schi alpin	58,5	20,6	46,4
Atletism - proba de garduri	59,0	20,7	46,8
Volei	62,0	23,3	47,5
Baschet	63,3	23,9	48,2
Aruncarea discului	71,0	25,0	53,2
Aruncarea greutăţii	78,1	28,0	56,2

Tabelul 7.6 – Necesar ţesut adipos pe sporturi

Sport	Necesar (%) ţesut adipos	Constituţie/Greutate
Culturism	↓	atletică
Canoe	↓	
Rugby	↑	supraponderală
Aruncări din atletism	↑	
Sărituri din atletism	minim	subponderală
Alergări fond - semifond	minim	
Gimnastică	minim	

Multe femei recurg în mod nejustificat la diete draconice, care produc tulburări ale comportamentului alimentar şi variaţii spectaculoase ale greutăţii corporale.

Un regim alimentar echilibrat, asociat cu practicarea unui program ritmic de exerciţii fizice, poate determina:

a) revenirea la greutatea corporală normală, prin scăderea ţesutului adipos şi menţinerea masei musculare;
b) stabilizarea greutăţii corporale o perioadă lungă de timp, cu modificarea compoziţiei corporale în sensul creşterii masei musculare şi al scăderii ţesutului adipos.

Deoarece compoziţia corporală este un factor important în obţinerea performanţelor sportive, se impune monitorizarea permanentă a sportivilor în vederea încadrării şi a menţinerii în standardele specifice.

Exemplul sporturilor cu categorie de greutate este edificator: unui halterofil care depăşeşte limitele categoriei pentru care este înscris într-un concurs i se impune un regim de scădere ponderală. Dacă procentele de ţesut adipos sunt reduse, scăderea ponderală se va realiza pe baza masei musculare, ceea ce va avea repercusiuni asupra forţei musculare şi a rezistenţei, deci asupra performanţelor.

7.2. Metode de măsurare şi evaluare a compoziţiei corporale

Compoziţia corporală poate fi determinată prin:
- metode directe;
- metode indirecte.

7.2.1. Metode directe

Metodele directe se bazează pe modele anatomice şi biochimice.

Modelele anatomice se stabilesc prin disecţia cadavrelor; ele separă corpul în diverse ţesuturi: muscular, adipos, osos şi organe.

Aceste modele, utilizate mai ales în secolul al XIX-lea, sunt descriptive şi au permis înţelegerea organizării spaţiale a componentelor organismului uman şi a conexiunilor acestora.

Prin studiul cadavrelor s-a evidenţiat următoarea structură corporală: masa grasă 20%, muşchii scheletici 40%, creierul şi ficatul câte 2-2,5%, rinichii şi inima câte 0,5% şi pielea 7% din greutatea corporală.

Modelele biochimice se bazează pe separarea componentelor organismului (apă, lipide, proteine, glucide, minerale) în funcţie de proprietăţile lor chimice. Astfel, azotul din organism corespunde proteinelor, carbonul intră în compoziţia lipidelor (este conţinut şi în glucide, dar în cantităţi foarte mici), iar calciul şi fosforul se găsesc în oase.

Prin studii directe, efectuate pe cadavre, s-au calculat: densitatea medie a masei grase şi non-grase şi hidratarea medie a corpului.

Metodele directe sunt utilizate numai pentru cercetare.

7.2.2. Metode indirecte

Metodele indirecte pot fi sistematizate, în funcţie de componentele compoziţiei corporale pe care le pot determina, în:

Metode de determinare a masei non-grase, bazate pe:
a) măsurători antropometrice:
- plici cutanate (prin metoda caliperului);
- înălţime şi greutate corporală;
- raportul perimetrului taliei/perimetrul şoldului etc.

b) metode imagistice:
- tomodensimetrie X;
- ecografie;
- RMN etc.

Metode de determinare a densităţii corporale prin:
- densitometrie, care utilizează diverse tehnici: volumetrice, hidrostatice, pneumatice etc.;
- măsurători antropometrice constând în măsurarea unor plici cutanate.

Metode de determinare a apei totale prin:
- măsurători antropometrice;
- analiza impedanţei bioelectrice (BIA);
- analiza radioizotopică.

Metode de evaluare complexă:
- DEXA;
- activare neutronică.

Din această prezentare se observă că metodele indirecte de determinare a compoziţiei corporale pot fi sistematizate, din raţiuni didactice, în două mari categorii:

Metode antropometrice, care pot fi numite şi **clinice,** efectuate direct de către evaluator cu instrumente simple (adipocentimetru, taliometru, cântar şi bandă metrică);

Alte metode, numite şi **paraclinice**, deoarece reunesc explorări densitometrice, imagistice şi izotopice, efectuate cu echipamente şi tehnologii noi, care furnizează informaţii multiple şi precise.

Metodele indirecte de imagistică medicală au redeschis interesul pentru modelul anatomic. Astfel, referirea la noţiunea de ţesut a permis aprecieri cantitative in vivo: la un tânăr sănătos, muşchii reprezintă 44,7% din greutatea corporală, ţesutul adipos 15% şi ţesutul osos 14,9% (Jaffrin, 2007).

Modelul fiziologic a permis sistematizarea componentelor corporale pe criteriul funcţional, în compartimente (hidric şi tisular) care pot fi evaluate prin metode indirecte.

7.2.2.1. Metode antropometrice

Măsurătorile antropometrice (înălţime, greutate, perimetre, pliuri cutanate etc.), prin diverse formule matematice (peste 100), permit calcularea unor indici pe baza cărora se determină fie greutatea ideală, fie compoziţia corporală (masa grasă, masa non-grasă). Se pare că nu există indici ideali, dar indicele masei corporale (BMI), raportul perimetrelor taliei/şoldului, măsurarea plicilor cutanate şi estimarea masei musculare oferă date precise, care permit aprecierea calitativă a compoziţiei corporale.

Metodele antropometrice rămân cele mai utilizate în evaluarea compoziţiei corporale, încercându-se perfecţionarea lor prin corelaţii multiple, astfel încât datele obţinute să fie cât mai exacte.

1. Calculul masei grase şi non-grase prin caliperometrie

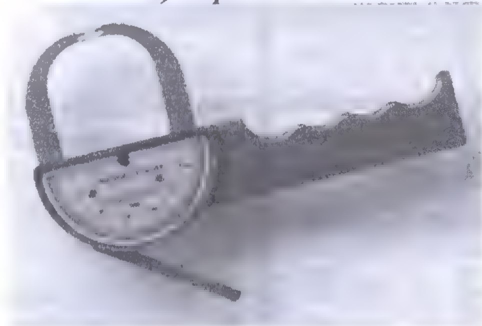
Metoda caliperului (caliperometria) constă în evaluarea indirectă, prin metode matematice, a masei non-grase, pe baza determinării directe a masei grase. Aceasta reprezintă o metodă de screening, utilizată la sportivii de performanţă pentru aprecierea evoluţiei rezervei de ţesut adipos şi a masei musculare, după un program de antrenament sau după dietă.

Ţesutul adipos este determinat prin măsurarea a 3, 4, 5, 6, 7, 10 plici cutanate. Indiferent de numărul plicilor măsurate, acestea sunt înalt corelate (0,95), încât se poate utiliza oricare combinaţie de sumă, pierderile de precizie fiind minime, cu o condiţie: măsurătorile să cuprindă zone diferite de depunere a ţesutului adipos.

Valorile obţinute se introduc într-o serie de formule şi se obţin parametrii necesari evaluării compoziţiei corporale: ţesutul adipos (masa grasă), masa non-grasă (lean body mass) şi greutatea corporală optimă. Metoda este validată pentru aprecierea şi studiul longitudinal al masei grase, în special în sporturi cu categorii de greutate.

Monitorizarea compoziţiei corporale presupune repetarea măsurătorilor în condiţii reproductibile (cu păstrarea reperelor).

a) caliper manual



b) caliper electronic

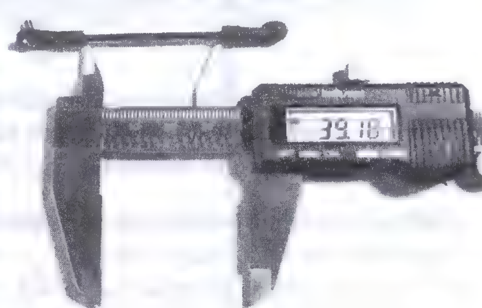


Fig. 7.1 – Caliperometri

La nesportivi, plica măsoară 12 mm la bărbaţi, 20 mm la femei şi copii în creştere. Unele plici înregistrează diferenţe semnificative de grosime între sexe: plicile pectorale, bicipitală, tricipitală şi abdominală. 2 mm de ţesut adipos reprezintă 1 kg greutate. La sportivi, dimensiunile plicilor sunt variabile, în funcţie de starea de sănătate, vârsta biologică, vechimea în sport, perioada de pregătire.

La culturişti, oricare plică măsoară 2 mm, la cei care practică gimnastică sportivă – 4-5 mm şi 15-20 mm –, la atleţi în probele de aruncări.

Suma plicilor cutanate este mai mare la fete, comparativ cu băieţii, indiferent de vârstă, dar diferenţele pe sexe devin mai evidente la pubertate. La fete, creşterea în greutate se realizează pe baza ţesutului adipos, iar la băieţi pe baza masei musculare.

Când în metodologia de evaluare a compoziţiei corporale se utilizează 7 plici, se vor măsura: plica pectorală (1 sau 2), plica tricepsului, subscapulară, axilară, suprailiacă (iliocrestă), abdominală (1 sau 2) şi a coapsei. Dacă se recurge la determinarea a 6 plici, acestea sunt: plica tricepsului, subscapulară, suprailiacă, abdominală (1 sau 2), a coapsei şi a gambei. În varianta utilizării a 3 plici, la bărbaţi se măsoară: plica pectorală (1 sau 2), abdominală (1 sau 2) şi a coapsei, iar la femei: plica tricepsului, suprailiacă (iliocrestă) şi abdominală (1 sau 2).

În mod curent, metodologia utilizează 4 şi 5 plici de ţesut adipos. Cele 4 plici măsurate convenţional sunt: bicipitală, tricipitală, suprailiacă şi subscapulară, iar cele 5 sunt: plica tricepsului, subscapulară, supraspinală, abdominală (1 sau 2) şi a coapsei.

Prin metoda plicilor cutanate, în funcţie de suprafaţa sau densitatea corporală, se calculează ţesutul adipos (masa grasă), exprimat în procente, care, introdus în formule matematice, permite, pe baza greutăţii corporale (G), obţinerea masei grase (MG) şi non-grase (MNG) exprimate în kilograme.

Calculul masei non-grase pe baza suprafeţei corporale
Ţesut adipos, exprimat în procente:

$$\% \text{ Ţesut adipos } (\% \text{ MG}) = \Sigma \text{ 5 plici (mm)} \times 0,15 + 5,8 + \text{suprafaţa corporală}$$
$$\text{MG (kg)} = \text{G (kg)} \times (\% \text{ ţesut adipos}/100)$$
$$\text{MNG (kg)} = \text{G (kg)} - \text{MG (kg)}$$

În formulă, poate fi utilizată valoarea suprafeţei corporale ideale (egală cu 1,72 m^2) sau a suprafeţei corporale reale, calculată pe baza raportului talie/greutate, a cărui valoare se citeşte pe nomograma Dubois Raymond (fig. 7.4).

Calculul masei non-grase pe baza densităţii corporale
Algoritmul de calcul este următorul:

a) Se calculează ***densitatea corporală***. Cea mai utilizată formulă pentru aprecierea densităţii corpului, validată prin densitometrie (considerată din acest motiv dublu indirectă pentru determinarea masei grase), îi aparţine lui Durnin & Womersley şi se bazează pe măsurarea a patru plici cutanate (bicipitală, tricipitală, suprailiacă şi

subscapulară). Se calculează logaritmul din suma acestora, iar valoarea se introduce în formule diferenţiate pe grupe de vârstă şi sex (tabelul 7.7).

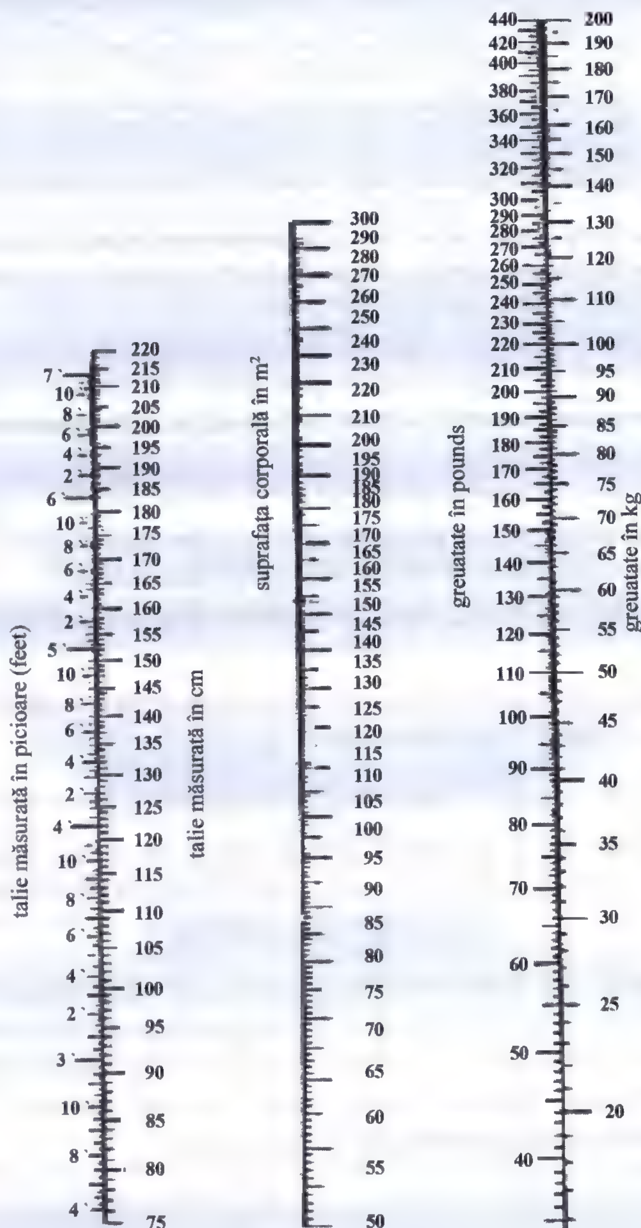


Fig. 7.4 – Nomograma Dubois Raymond

Tabelul 7.7 – Densitatea corporală calculată prin formula Durnin&Womersley

Vârsta (ani)	Densitatea corporală	
	Bărbaţi	Femei
17 - 19	1,1620 - (0,0630 x logΣ 4 plici)	1,1549 - 0,0678 x logΣ 4 plici
20 - 29	1,1631 - 0,0632 x logΣ 4 plici	1,1599 - 0,0717 x logΣ 4 plici
30 - 39	1,1422 - 0,0544 x logΣ 4 plici	1,1423 - 0,0632 x logΣ 4 plici
40 - 49	1,1620 - 0,0700 x logΣ 4 plici	1,1333 - 0,0612 x logΣ 4 plici
peste 50	1,1715 - 0,0779 x logΣ 4 plici	1,1339 - 0,0645 x logΣ 4 plici

b) Pe baza densităţii corporale, se calculează ***procentele de ţesut adipos*** după ***formula lui Siri***, considerată de referinţă, mai ales la sportivi, cu toate că valoarea masei grase este supraestimată la sportivii hipoponderali.

% Ţesut adipos (% MG) = [(4,95/densitate corporală) – 4,50] x 100

Pentru determinarea% de ţesut adipos poate fi utilizată şi ***formula lui Brozek et al.***:

% Ţesut adipos (% MG) = [(4,57/densitate corporală) – 4,142] x 100

În cazul preadolescenţilor, se aplică ***formula lui Lohman et al.*** (1984), deoarece s-au constatat diferenţe în privinţa concentraţiei sărurilor minerale:

% Ţesut adipos (% MG) = [(5,300/densitate corporală) – 4,890] x 100

c) Masa grasă, exprimată în procente (% MG), ***se converteşte în kg***, pe baza greutăţii corporale (G), după următoarea formulă:

MG (kg) = G (kg) x% ţesut adipos/100

d) Se calculează ***masa non-grasă (MNG),*** exprimată în kg, după următoarea formulă:

MNG (kg) = G (kg) – MG (kg)

În afara formulelor lui Durnin & Womersley, densitatea corporală, considerată reper pentru determinarea masei grase, poate fi calculată şi pe baza altor formule matematice, care utilizează valorile obţinute prin măsurarea unui număr mai mic sau mai mare de plici:

❑ **Formulele lui Jackson&Pollock** utilizează 3 plici
– Bărbaţi:

Densitatea corporală = 1,10938 – 0,0008267 (Σ 3 plici) + 0,0000016 (Σ 3 plici) ^{2} –
– 0,0002574 (Vârstă)

Σ 3 plici = pectorală + abdominală + a coapsei

sau

Densitatea corporală = 1,1125025 – 0,0013125 (Σ 3 plici) + 0,0000055 (Σ 3 plici)^2 – – 0,000244 (Vârstă)

unde: Σ 3 plici = pectorală + subscapulară + a tricepsului

– Femei:

Densitatea corporală = 1,099421 – 0,0009929 (Σ 3 plici) + 0,0000023 (Σ 3 plici)^2 – – 0,0001392 (Vârstă)

unde: Σ 3 plici = suprailiacă + a coapsei + a tricepsului

sau

Densitatea corporală = 1,089733 – 0,0009245 (Σ 3 plici) + 0,0000025 (Σ 3 plici)^2 – – 0,0000979 (Vârstă)

unde: Σ 3 plici = suprailiacă + abdominală + a tricepsului

Formula nu este validată şi nu poate fi utilizată pentru sportivii de performanţă.

❑ **Formulele lui Yuhasz** utilizează 6 plici:

– Bărbaţi:

Densitatea corporală = (0,1051 Σ 6 plici) + 2,585

unde Σ 6 plici = triceps + subscapulară + suprailiacă + abdominală + a coapsei + + a gambei

– Femei:

Densitatea corporală = (0,1548 Σ 6 plici) + 3,580

unde: Σ 6 plici = triceps + subscapulară + suprailiacă + abdominală + a coapsei + + a gambei

❑ **Formula lui Nagamine&Suzuki** utilizează 2 plici şi indicele masei corporale (IMC sau BMI):

Densitatea corporală = 1,074 – 0,0005322 (Σ 2 plici) – 0,0009603BMI

unde: Σ 2 plici = triceps + subscapulară

BMI = G (kg)/Înălţime^2

Avantajele caliperometriei: este rapidă, ieftină, destul de precisă, simplă şi non-invazivă.

Caliperometria are însă şi o serie de dezavantaje: gradul de eroare este direct proporţional cu experienţa cercetătorului; nu reprezintă metoda ideală pentru obezi şi persoane foarte slabe; rezultatele sunt neconcludente până la vârsta de 12 ani (determinarea şi monitorizarea BMI în cursul perioadei de creştere este mai fiabilă decât monitorizarea adipozităţii).

2. Calculul masei non-grase pe baza măsurării unor perimetre ale corpului

Masa non-grasă poate fi calculată şi pe baza unor perimetre corporale (P) variabile (tabelul 7.8), în funcţie de vârstă şi sex (Mc. Ardle et al,1999).

Tabelul 7.8 – Perimetre ale corpului utilizate pentru calculul masei grase

Vârsta	Perimetrul	
	Bărbaţi	Femei
18–26 de ani	1. Braţ drept	1. Abdomen
	2. Abdomen	2. Coapsa dreaptă
	3. Antebraţ drept	3. Antebraţ drept
27–50 de ani	1. Şold	1. Abdomen
	2. Abdomen	2. Coapsa dreaptă
	3. Antebraţ drept	3. Gamba dreaptă

Formule de calcul:

% Ţesut adipos = constanta1+ constanta 2 – constanta 3 - 10,2
MG (kg) = G (kg) x (% Ţesut adipos/100)
MNG (kg) = G (kg) - MG (kg)

Constantele 1, 2 şi 3 reprezintă conversii (conform unor tabele) ale valorilor perimetrelor 1, 2 şi 3, măsurate în cm.

De exemplu, un bărbat în vârstă de 25 de ani, cu o greutate corporală de 78,2 kg are următoarele valori ale perimetrelor: 1. Braţ drept = 28,60 cm; 2. Abdomen = 78,10 cm; 3. Antebraţ drept = 26,70 cm. Conversia măsurătorilor antropometrice în constantele 1,2 şi 3 se citeşte în tabelul 7.9.

Tabelul 7.9 – Conversia valorilor perimetrelor în constante, la bărbaţi cu vârsta între 18 □i 26 ani

Perimetru braţ drept		Perimetrul abdominal		Perimetru antebraţ drept	
cm	constanta 1	cm	constanta 2	cm	constanta 3
27,30	39,79	76,20	39,37	25,40	54,30
27,90	40,71	76,80	39,69	26,00	55,65
28,60	**41,64**	77,50	40,02	**26,70**	**57,01**
29,20	42,56	**78,10**	**40,35**	27,30	58,37
29,80	43,49	78,70	40,68	27,90	59,73
30,50	44,41	79,40	41,01	28,60	61,08

Se observă următoarele corespondenţe:

- valorii de 28,60 cm a perimetrului braţului drept îi corespunde cifra 41,64 (constanta 1);
- valorii de 78,10 cm a perimetrului abdomenului îi corespunde cifra 40,35 (constanta 2);

- valorii de 26,70 cm a perimetrului antebraţului drept îi corespunde cifra 57,01 (constanta 3).

Înlocuind în formulă, obţinem:

% Ţesut adipos = 41,64 + 40,35 – 57,01 – 10,2 = 14,78%
Masa grasă = 78,2 x (14,78/100) = 11,55 kg
Masa non-grasă = 78,20 – 11,55 = 66,65 kg

3. Calculul masei non-grase pe baza taliei şi greutăţii corporale

Înălţimea şi greutatea corporală reprezintă măsurători antropometrice pe baza cărora, aplicând o serie de formule matematice, poate fi estimată masa non-grasă (MNG):

❑ ***Formula lui James*** (1981)
- Bărbaţi:

$$MNG\ (kg) = (1{,}10 \times G) - 128\ (G^2/I^2)$$

- Femei:

$$MNG\ (kg) = (1{,}07 \times G) - 148\ (G^2/I^2)$$

Condiţii de utilizare:

Formula este aplicabilă pentru subiecţi cu vârsta între18 şi 80 de ani şi următoarele dimensiuni antropometrice:

Greutatea (G) = 35 – 130 kg;
Înălţimea (I) =140 – 185 cm.

❑ ***Formula lui Hume*** (1966)
- Bărbaţi:

$$MNG\ (kg) = (0{,}32810 \times G) + (0{,}33929 \times I) - 29{,}5996$$

Condiţii de utilizare:

Formula este aplicabilă pentru subiecţi cu vârsta între 16 şi 18 ani şi următoarele dimensiuni antropometrice:

Greutatea (G) = 45 – 140 kg;
Înălţimea (I) = 150 – 185 cm.

- Femei:

$$MNG\ (kg) = (0{,}29569 \times G) + (0{,}41813 \times I) - 43{,}2933$$

Condiţii de utilizare

Formula este aplicabilă pentru subiecţi cu vârsta între 30 şi 80 de ani şi următoarele dimensiuni antropometrice:

Greutatea (G) = 35 – 130 kg;

Înălţimea (I) =140 – 180 cm.

❑ ***Formula lui James*** (1981, modificată în 2004)
– Bărbaţi:

$$MNG\ (kg) = (1{,}12 \times G) - 128\ (G^2/I^2)$$

– Femei:

$$MNG\ (kg) = (1{,}08 \times G) - 148\ (G^2/I^2)$$

Condiţii de utilizare
Formula este aplicabilă pentru subiecţi cu vârsta cuprinsă între 18 şi 80 de ani.
Valoarea masei non-grase, permite şi alte calcule:

- greutatea optimă a masei grase = masa non-grasă x 11%;
- greutatea apei = masa non-grasă x 73%;
- greutatea mineralelor = masa non-grasă x 6,8%;
- greutatea proteinelor = masa non-grasă x 20,2%;
- greutatea glicogenului = masa non-grasă x 0,5% .
- greutatea corporală optimă = masa non-grasă optimă + masa grasă optimă
- masa non-grasă optimă = Greutatea corporală optimă x 89%.

4. Calculul apei totale pe baza taliei şi a greutăţii corporale

Apa totală este calculată pe baza unor formule predictive, în funcţie de greutate, înălţime, vârstă şi sex:

❑ ***Formula lui Watson*** (1996)
– Bărbaţi:

$$Apa\ total\breve{a} = 2{,}447 + (0{,}3362 \times G) + (0{,}1074 \times I) - (0{,}09156 \times V)$$

– Femei:

$$Apa\ total\breve{a} = (-)\ 2{,}097 + (0{,}2466 \times G) + (0{,}1069 \times I)$$

❑ ***Formula lui Hume şi Weyer***
– Bărbaţi:

$$Apa\ total\breve{a} = (-)\ 14{,}012934 + (0{,}296785 \times G) + (0{,}194786 \times I)$$

– Femei:

$$Apa\ total\breve{a} = (-)\ 35{,}270121 + (0{,}183809 \times G) + (0{,}34454 \times I)$$

unde
V = vârsta în ani;
G = greutatea în kg;
I = înălţimea în cm.

❑ ***Procente din greutate***
– Bărbaţi:

Apa totală = G x 60%

– Femei:

Apa totală = G x 55%

5. Alte măsurători antropometrice utilizate pentru aprecierea compoziţiei corporale

• ***Raportul perimetrul taliei/perimetrul şoldului*** reprezintă un indice care diferenţiază distribuţia ţesutului adipos în funcţie de sexul subiectului (tip ginoid sau android). Acest indice este abreviat în literatura americană de specialitate WHR (waist to hip circumference ratio). Un WHR normal nu trebuie să depăşească 0,88 la femei şi 1,00 la bărbaţi. Peste aceste valori se confirmă diagnosticul de obezitate centripetă. Raportul are o valoare predictivă privind riscul de producere a bolilor cardiovasculare şi a diabetului zaharat; raportul creşte în acelaşi timp cu riscul de îmbolnăvire.

Când perimetrul taliei are valori egale sau mai mari de 100 cm, doar pe baza acestei măsurători antropometrice se poate aprecia că riscul bolilor cardiovasculare creşte semnificativ.

Deşi masa musculară este un factor important în atingerea performanţelor sportive şi prezintă variaţii cel puţin egale cu cele ale masei grase, estimarea ei nu s-a bucurat în aceeaşi măsură de atenţia specialiştilor. De aceea, posibilităţile de calcul al masei musculare sunt reduse, comparativ cu ţesutul adipos.

• Masa musculară poate fi calculată prin produsul dintre suprafaţa de secţiune a muşchiului cvadriceps (cm^2) şi înălţimea subiectului (cm). Secţiunea muşchiului se determină prin examen radiologic sau prin RMN.

• Estimarea masei musculare (MM) pe baza perimetrului braţului (P. br) şi a plicii tricepsului (Pl. tric.):

MM (mm) = P.br (mm) - [0,314 x Pl.tric. (mm) x 2]

Valori minime la bărbat = 170 mm şi 160 mm la femeie.

Cu toate că metoda de calcul nu este atât de precisă, se utilizează în practica medicală pentru aprecierea evoluţiei masei musculare în cursul recuperării medicale.

7.2.2.2. Alte metode

1. Hidrodensitometria se bazează pe legea lui Arhimede, conform căreia „un corp solid scufundat într-un fluid este împins vertical, de jos în sus, cu o forţă egală cu greu-

tatea lichidului dezlocuit de corp"; reprezintă metoda de referinţă pentru determinarea densităţii corporale (densitatea = masa/volum; masa corpului este dată de greutate). Subiectul este cântărit în aer şi în apă.

Greutatea corpului măsurată în apă este rezultanta dintre greutatea corpului măsurată în aer şi forţa de împingere de jos în sus. Ţesutul muscular are densitate mai mare decât ţesutul adipos (1,10 g/cm^3 comparativ cu 0,9007g/cm^3), de aceea corpul are un volum mai mic în apă şi în consecinţă, forţa de împingere este mai mică. La aceeaşi greutate în aer, doi indivizi cântăriţi în apă au greutăţi diferite, în funcţie de procentul de ţesut adipos: cel cu procent mai mare are o greutate mai mică.

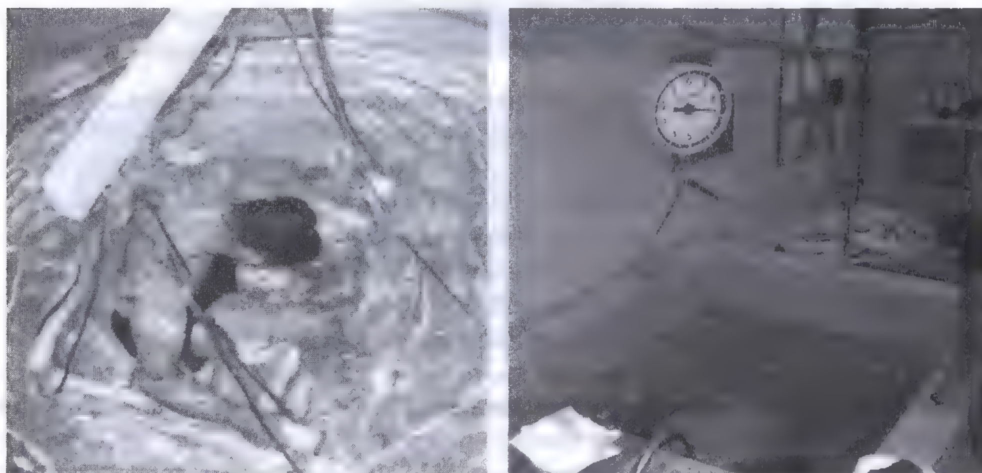


Fig.7.5 – Cântărire în apă

Subiectul este cântărit în apă prin imersie totală într-un bazin, după un repaus de câteva ore, evacuarea conţinutului vezicii urinare şi a colonului şi după realizarea unei expiraţii forţate.

Eroarea măsurătorii este de +/–100g. Pe toată perioada imersiei, subiectul respiră printr-un sistem special, care realizează şi măsurarea volumului pulmonar rezidual. (tabelul 7.10).

Tabelul 7.10 – Valori ale volumului pulmonar rezidual (Costill et al.,1994)

Vârstă (ani)	Volum rezidual (ml)	
	Femei	Bărbaţi
6 - 10	600	900
11 - 15	800	1100
16 - 20	1000	1300
21 - 25	1200	1500
26 - 30	1400	1700

Volumul gazului intestinal are o valoare de aproximativ 100ml.
Densitatea corpului este calculată după formula lui Brozek et al. (1963):

ρ = Greutatea în aer [(greutatea în aer – greutatea în apă)/ρ în apă] –
– (volumul rezidual + volumul gazului intestinal)

Metoda are o precizie de +/– 1,5% şi este dependentă de posibilităţile subiectului de a expira aerul atât iniţial, cât şi pe parcursul evaluării.

Densitatea corporală variază în funcţie de caracteristicile etnice, vârstă, sportul practicat, regimul alimentar înainte de cântărire, starea de hidratare.

% mase grase = (495/densitate) – 450

Masa grasă (kg)= (% masă grasă/100) x Greutatea în aer.

Avantajele metodei constau în precizie şi fiabilitate, iar *dezavantajele* rezultă din necesitatea unor dotări speciale şi a unor competenţe de specialitate pentru interpretarea rezultatelor. În plus, este laborioasă, stresantă, chiar incomodă pentru persoanele care nu suportă scufundarea.

Testarea repetată permite realizarea unor grafice utilizate pentru aprecierea evoluţiei compoziţiei corporale în dinamică.

2. Metoda DEXA (Dual Energy X-ray Absorbtiometry) diferenţiază greutatea corporală în componentele ei masa grasă şi non-grasă, pe baza diferenţelor de atenuare a razelor X generate de două doze. Conectarea la un computer cu un soft special oferă rapid informaţii privind ţesutul adipos, masa musculară şi cantitatea de minerale din oase.

Tehnica de măsurare a densităţii osoase se numeşte osteodensimetrie şi este considerată de avangardă în detectarea osteoporozei. Subiectul, poziţionat în decubit dorsal pe o masă terapeutică prevăzută inferior cu sursele de raze X (două doze mici) şi cu un detector deasupra, este scanat cu fotonii, generaţi de doze, la diferite niveluri de energie. Absorbţia fotonilor de către componentele corpului este măsurată cu precizie. Examinarea durează cca 10-20 de minute.

Avantaje: este rapidă, precisă şi fiabilă, iar expunerea la radiaţii redusă. Prin această metodă pot fi apreciate nu numai masa grasă şi non-grasă, ci şi componentele masei non-grase, inclusiv masa de minerale osoase din organism (pentru care a fost iniţial utilizată). DEXA reprezintă metoda de referinţă pentru cercetarea compoziţiei corporale.

Dezavantaje: necesită personal ultraspecializat în radiologie iar greutatea limită a subiectului care poate fi evaluat este 150 kg.

Hidrodensitometria şi metoda DEXA sunt considerate „standardele de aur" în determinarea compoziţiei corporale.

La copii, osteodensimetria furnizează şi date în legătură cu stadiul, evoluţia şi diferenţierea creşterii diferitelor segmente ale corpului. Astfel, poate fi monitorizată evoluţia sub tratament a tulburărilor de creştere şi dezvoltare, metabolice şi a unor boli cronice.

Cantitatea de minerale din organism se poate determina şi prin tehnologia TMA (tissue mineral analysis), care constă în determinarea evoluţiei concentraţiei mineralelor din organism, în ultimele 3 săptămâni,

prin analiza unui fir de păr. Sportivii de performanţă utilizează această tehnologie pentru verificarea şi/sau corectarea dezechilibrelor minerale prin alimentaţie sau administarea de medicamente.



Fig. 7.11 – Metoda DEXA

3. Analiza impedanţei bioelectrice *(BIA)* constă în măsurarea rezistenţei electrice pe care o opun ţesuturile corpului când sunt străbătute de un curent electric de joasă intensitate.

Componentele corpului sunt bune conducătoare de electricitate şi au o rezistenţă electrică specifică, în funcţie de compoziţia/structura ţesutului pe care îl străbat. Astfel, ţesuturile sărace în apă şi electroliţi, cum este ţesutul adipos, au o rezistenţă electrică mare, deci o conductibilitate mică, aproape nulă şi o impedanţă mare, comparativ cu alte tipuri de ţesuturi. Aceste particularităţi biofizice permit măsurarea cantităţii totale de ţesut adipos din corpul omenesc, pe care un computer o afişează în procente, din masa totală corporală.

Metoda constă în aplicarea a 4 electrozi pe hemicorpul drept (în puncte standard, la nivelul gleznei, piciorului, pumnului şi feţei dorsale a mâinii), cuplaţi la calculator într-un program special, care analizează rezistenţa electrică a ţesuturilor (compoziţia corporală) şi determină cantitatea totală de apă şi distribuţia acesteia intra- şi extracelulară. Din valorile obţinute, în corelaţie cu alte date antropometrice – înălţime, greutate – raportate la vârstă, sex, nivel de activitate fizică, rasă, se calculează masa corporală lipsită de ţesut adipos (în procente). Această metodă oferă, deci, în câteva minute, valorile procentuale ale masei grase, ale masei non-grase, ale apei intra- şi extracelulare.

BIA presupune respectarea următoarelor *condiţii*:

- subiectul în decubit dorsal, poziţie pe care o menţine timp de 10 minute (pentru relaxare/acomodare);
- repaus alimentar de minimum 4 ore şi fizic de cel puţin 12 ore;
- se interzice consumul de băuturi alcoolice în ultimele 24 de ore.



Fig. 7.12 – Metoda BIA

Metoda are următoarele *avantaje:* este simplă, rapidă, fiabilă, reproductibilă la persoanele cu BMI normal.

Bioimpedanţa utilizează aparate noninvazive (nu produc prejudicii stării de sănătate): cu o singură frecvenţă (50 Hz) şi cu frecvenţe multiple (de obicei 7). Bioimpedanţa spectroscopică este cea mai avansată metodă, considerată a viitorului, deoarece foloseşte modele matematice pentru calcularea rezistenţei electrice a ţesuturilor la 256 de frecvenţe.

Acurateţea BIA depinde de numărul frecvenţelor la care sunt efectuate măsurătorile, de aceea alegerea aparatului şi repetarea măsurătorilor cu acelaşi aparat sunt foarte importante. *Dezavantajele* constau în calculul indirect al cantităţii de ţesut adipos, prin intermediul masei celulare totale şi al apei corporale totale. Ca urmare, anumite situaţii pot denatura rezultatele:

- stări de deshidratare (febră, vărsături, diaree);
- retenţie fiziologică (premenstruală) sau patologică de apă (insuficienţă cardiacă însoţită de edeme);
- obezitate;
- ingestia de alimente.

Pentru toate acestea sunt necesari algoritmi de calcul adecvaţi.

În prezent, în anumite centre de diagnostic şi recuperare se utilizează analizorul de impedanţă bioelectrică (ABIE), care nu presupune montarea de electrozi (se evită astfel, riscul denaturării rezultatelor prin erori de aplicare a acestora în punctele standard). Sistemele bazate pe bioimpedanţă permit monitorizarea stării nutriţionale în funcţie de patologie sau de regimul dietetic aplicat.

La sportivi se poate evalua evoluţia compoziţiei corporale în funcţie de programul de antrenament şi de dietă.

BIA este frecvent utilizată, cu toate că sensibilitatea ei este mai mică în comparaţie cu DEXA.

4. Ecografia foloseşte ultrasunetele care permit evaluarea şi monitorizarea masei grase şi non-grase cu înaltă precizie, prin analiza ecourilor reflectate.

S-au construit sisteme de diagnoză bazate pe combinarea impedanţei bioelectrice cu energia ultrasonică.

5. Tomodensimetria X identifică suprafeţele formate din ţesut adipos dispus subcutanat şi perivisceral şi estimează masa acestora. Metoda este iradiantă.

6. Rezonanţa nucleară magnetică (RMN) furnizează rezultate similare tomodensimetriei, dar nu este iradiantă.

7. Activarea neutronică constă în bombardarea masei corporale cu neutroni şi măsurarea spectrului de activitate al izotopilor radioactivi de scurtă durată.

Metoda estimează masa osoasă pe baza calciului şi a fosforului, masa proteică în funcţie de azot şi masa grasă pe baza carbonului. Se realizează o adevărată disecţie chimică a organismului în patru compartimente (ţesut adipos, proteine, oase şi componente diverse).Este cea mai precisă metodă de determinare a compoziţiei corporale (eroare sub 2,5%), dar preţul de cost ridicat şi nivelul crescut de iradiere îi limitează utilizarea.

8. Metoda de explorare radioizotopică (Metoda diluţiei izotopice) se bazează pe detectarea radiaţiilor emise de o substanţă radioactivă introdusă în organism, care prezintă o afinitate deosebită pentru un anumit organ sau ţesut. Se utilizează apa grea (D_2O) cu izotopi stabili de deuteriu, care se administrează oral în doze netoxice. Deuteriul se distribuie în mod egal în toate compartimentele hidrice ale organismului; se deduce astfel cantitatea totală de apă.

Van Loan et al. au stabilit pe baza diluţiei izotopice raportul dintre volumul de apă extracelulară şi volumul total, care are o valoare de 0,403 la bărbaţi şi 0,43 la femei.

Lichtenbelt et al. prezintă alte valori pentru raportul dintre volumul apei extracelulare (Ve) şi apa totală (Vt), respectiv 0,407 pentru bărbaţi şi 0,442 pentru femei (tabelul 7.11).

Datele estimărilor lui Kyle et al (în procente) sunt prezentate în tabelul 7.11.

Tabelul 7.11 – Raportul între Ve şi Vt; raportul între Vt şi greutatea corporală (G) după Kyle et al.

Vârsta (ani)	Bărbaţi		Femei	
	Ve/Vt (%)	Vt/G (%)	Ve/Vt (%)	Vt/G (%)
15 - 24	39,0	64,1	44,4	56,8
25 - 34	39,5	61,4	45,5	56,2
35 - 44	40,9	59,7	45,7	55,2
45 - 54	41,5	58,0	47,1	53,4
55 - 64	43,9	56,0	50,0	50,6
65 - 74	46,2	54,2	52,7	48,0
75 - 84	48,8	52,8	54,9	47,4
peste 85	51,7	49,7	56,3	46,9

Avantaj: este o metodă simplă.

Dezavantaje: preţul de cost crescut şi sensibilitatea redusă.

9. Spectroscopia în infraroşu (Near Infrared Interactance - NIR) apreciază compoziţia corporală pe baza absorbţiei luminii, reflexiei şi spectroscopiei radiaţiilor infraroşii.



Fig. 7.13 – Spectroscopie în infraroşu (Futrex)

Se utilizează un spectrometru computerizat, prevăzut cu un scanner şi o sondă, care emite un fascicul de lumină infraroşie în grăsimea subcutanată bicipitală. Pe baza măsurării densităţilor se calculează, în procente, masa adipoasă, musculară şi hidrică, indicând, în caz de exces ponderal, şi cantitatea de ţesut adipos care trebuie pierdută.

Metoda are o eroare relativ mare (de +/– 4%); este totuşi utilizată pentru că presupune cost redus şi nu este periculoasă.

Sistemul de compoziţie corporală Body Test (Air Deplacement) este un aparat de ultimă generaţie, care determină procentual masa musculară şi ţesutul adipos. Acesta se

prezintă sub forma unei camere (incinte) ovoidale, în care se insuflă aer pe tot parcursul evaluării. Subiectul respiră într-un tub de plastic, conectat la un sistem computerizat, care măsoară compoziția corporală pe baza cantității de oxigen consumat în incintă.



Fig. 7.14 – Sistem Body Test

Sistemul determină cu acuratețe capacitatea pulmonară, greutatea, volumul şi densitatea corpului (densitatea ţesutului adipos este mai mică decât cea a masei musculare).

Avantaje: este rapidă (durează 5 minute), noninvazivă şi precisă.

Dezavantajul constă în preţul ridicat.

Aparatul este indicat în evaluarea subiecţilor cu obezitate, dar şi a persoanelor vârstnice, a copiilor, a persoanelor cu cerinţe educaţionale speciale sau cu infirmităţi.

Capitolul 8

TIPURI CONSTITUȚIONALE

8.1. DEFINIŢII

8.2. CLASIFICĂRI ALE TIPOLOGIILOR CONSTITUŢIONALE

8.3. TIPUL CONSTITUŢIONAL ŞI SPORTUL

8.1. Definiţii

Variaţiile morfologice, de la stadiul iniţial al lui Homo sapiens şi până astăzi, au suscitat permanent interesul cercetătorilor, care au dezvoltat numeroase criterii de clasificare a tipologiilor umane. Iniţial, indivizii erau clasificaţi în două, trei sau patru categorii/criterii extreme, ignorându-se existenţa unor combinaţii (tipologii intermediare).

Viola (1937) considera că tipologia umană se referă la „totalitatea caracterelor morfologice şi funcţionale în funcţie de care un individ diferă de altul".

Pende (1947) definea biotipologia ca ştiinţă care se ocupă cu „studiul tipului uman vital (biotip) în totalitatea manifestărilor şi caracteristicilor". În această definiţie, autorul includea şi aspectele psihice.

Eiben (1972) consideră tipologia ca fiind „constituţia morfologică a unui individ adult, care se stabileşte prin expresia potenţialului genetic şi prin rezultatul efectelor adaptării la mediu".

În prezent, împărţirea oamenilor după criterii biotipologice este destul de controversată, atât în privinţa tipurilor constituţionale pur fizice (somatice), cât şi a celor somato-psihice.

Diverse şcoli de biotipologie (franceză, italiană, germană, nord-americană) utilizează ca sinonimi termenii de constituţie tipologică, biotip constituţional, tip constituţional, biotipologie.

Termenul de tip constituţional este cel mai adecvat pentru că el caracterizează individul din punct de vedere biologic.

Dacă în sec. XVIII se susţinea că tipologia constituţională rămâne constantă, antropologia de astăzi, descompune tipologia constituţională într-o parte ereditară, constantă, şi o parte modulată de factori adaptativi legat de climat, nutriţie şi activitate fizică (C. Susanne et al, 2003).

Tipul constituţional este definit ca rezultantă a interacţiunii dintre genotip şi fenotip.

Genotipul reprezintă totalitatea genelor organismului unui individ, care constituie patrimoniul său ereditar şi conferă particularităţi ereditare care se transmit de la părinţi la descendenţi. Altfel spus, genotipul este implicat în toate dimensiunile sferei somatice, dar şi în forţele potenţiale disponibile ereditar, fie că vor fi sau nu folosite. La rândul lui, genotipul este determinat de cariotip. Acesta este format din 46 de cromozomi: 44 autozomi, somatici şi 2 gonozomi (XX pentru femeie şi XY pentru bărbat).

Fenotipul reprezintă totalitatea caracteristicilor morfo-fiziologice, biochimice (enzimatice) şi comportamentale rezultate în urma interacţiunii genotipului cu mediul, în consecinţă se modifică permanent prin acţiunea mediului fizic şi social. Cu alte cuvinte, tipul constituţional este rezultanta caracterelor morfo-funcţionale şi neuropsihice ale unui individ, caractere determinate genetic sau dobândite în urma interacţiunii unor factori de mediu natural sau social (la sportivi se adaugă efectele antrenamentelor).

Tipurile constituţionale stabilite în prezent sunt diferite de variantele clasice, deoarece caracteristicile luate anterior în calcul s-au pierdut ca urmare a activităţilor diverse pe care le practică omul modern.

8.2. Clasificări ale tipurilor constituţionale

Tipurile constituţionale au fost studiate încă din Antichitate. Astfel, Hipocrate (460-377 î.Ch.), considerat primul morfo-funcţionalist remarcabil, a subliniat că exisă diferenţe între oameni datorită predominanţei uneia sau alteia dintre umori, acestea reprezentând echivalentul glandelor endocrine şi al substanţelor lichide din organism. El a descris patru caractere diferite:

- sangvinici – la care domină sângele, de aceea sunt viguroşi, activi, optimişti, dar nervoşi;
- melancolici – dominaţi de bila neagră; sunt tăcuţi şi înclinaţi spre gânduri negre;
- colerici – la care domină bila galbenă, de aceea sunt permanent vioi;
- flegmatici – dominaţi de flegmă; sunt nepăsători şi lenţi.

Hipocrate a considerat că persoanele cu membre lungi şi subţiri sunt predispuse la tuberculoză pulmonară şi reprezintă tipul ftizic, longilin, iar persoanele cu torace şi abdomen dilatate au predispoziţie pentru accidente vasculare şi reprezintă tipul digestiv-apopleptic, picnic.

De-a lungul timpului au existat mai multe şcoli antropologice direcţionate spre anumite laturi ale fiinţei umane: morfologică, genetică, antropometrică, biochimică sau comportamentală.

Prima sistematizare ştiinţifică a tipurilor constituţionale a fost făcută de **C. Sigaud** (1905) pornind de la premisa că organismul dispune de 4 sisteme fundamentale: cerebro-spinal, bronho-pulmonar, gastrointestinal şi musculo-articular, a căror dezvoltare este influenţată de factorii de mediu. Ca urmare, tipurile constituţionale sunt sistematizate (fig 8.1) în:

a) Tipul cerebral (cerebro-spinal) este caracterizat printr-o extremitate cefalică de dimensiuni mari, mai ales pe seama etajului superior (cerebral), cu evidenţierea frunţii, faţa în formă de trapez cu baza mare în sus. Aspectul fizic general este zvelt, longilin, cu membre lungi şi subţiri, trunchiul şi bazinul înguste, musculatură redusă, fără tendinţă de depunere a ţesutului adipos. Prezintă predispoziţie pentru afecţiuni nervoase.

b) Tipul respirator (bronho-pulmonar) se caracterizează prin dezvoltarea importantă a părţii superioare a toracelui, comparativ cu partea lui inferioară, ceea ce conferă cutiei toracice forma unui trapez cu baza mare în sus. Extremitatea cefalică are formă de romb, nasul este lung, cu nările largi, bazinul îngust, iar musculatura fesieră este puţin dezvoltată; are tendinţă de depunere a ţesutului adipos, în special pe abdomen şi coapse. Prezintă predispoziţie pentru afecţiuni respiratorii.

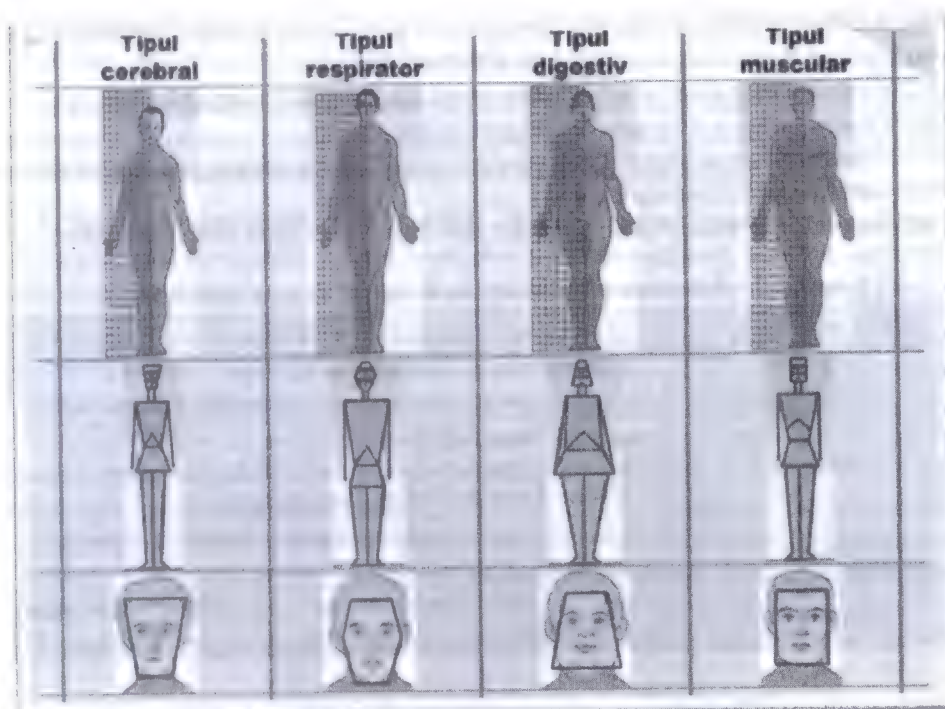


Fig. 8.1 – Tipurile constituționale – după Sigaud

c) Tipul digestiv (gastrointestinal) este caracterizat prin abdomen mare, bazin lat, articulații fine, fața în formă de trapez cu baza mare în jos (dezvoltare maximă la nivelul mandibulei), gât scurt şi gros, extremități scurte, cu o musculatură slab reprezentată; are tendință de acumulare a țesutului adipos. Prezintă predispoziție pentru boli digestive, metabolice şi de nutriție.

d) Tipul muscular (musculo-articular) se caracterizează prin dezvoltarea importantă a musculaturii şi a extremitățiilor, fără tendință de acumulare a țesutului adipos; articulațiile sunt puternice, mai ales cele ale membrelor inferioare; cutia toracică este bine dezvoltată; fața are formă dreptunghiulară. Prezintă predispoziție pentru afecțiuni musculare, articulare şi ale vaselor sanguine.

Incidența tipurilor constituționale, după sistematizarea lui Sigaud, este următoarea:

- tipul muscular 47% ;
- tipul respirator 30% ;
- tipul digestiv 14% ;
- tipul cerebral 9% .

Aceste tipuri constituționale nu sunt definitive; se pot schimba de-a lungul vieții. Astfel, tipul constituțional caracteristic nou-născutului este digestiv, la copil cel respirator, în perioada adolescenței cel muscular, după care se revine la tipul digestiv.

Mac Auliffe (1925) face legătura dintre aceste patru tipuri constituţionale şi modul de viaţă, gradul de instrucţie sau tipul de activitate. Astfel:

- tipul muscular este caracteristic persoanelor care efectuează activităţi fizice;
- tipul cerebral-nervos este specific intelectualilor;
- tipul digestiv îi caracterizează pe reprezentanţii claselor sociale privilegiate sau pe indivizii care trăiesc în zone agricole;
- tipul respirator este specific persoanelor care trăiesc sub cerul liber (nomazilor).

Tabelul 8.1 – Adecvarea exerciţiilor fizice în funcţie de tipul constituţional

Tip constituţional	Exerciţii
Muscular	– exerciţii pentru dezvoltarea supleţei; – exerciţii pentru dezvoltarea vitezei şi a îndemânării;
Cerebral	– exerciţii de respiraţie; – exerciţii pentru dezvoltarea capacităţilor motrice condiţionale (forţă, viteză şi rezistenţă);
Digestiv	– exerciţii pentru dezvoltarea musculaturii tuturor segmentelor corporale;
Respirator	– exerciţii pentru dezvoltarea musculaturii abdominale şi a spatelui.

Cea mai cunoscută clasificare a tipologiilor constituţionale a fost elaborată de **Erns Kretschmer** (1922). El a studiat caracteristicile psihologice corespunzătoare unor morfotipuri şi a sesizat predispoziţia faţă de unele psihoze. A stabilit 3 tipuri constituţionale:

a) Atletic – cu dezvoltare fizică armonioasă, proporţională (oase mari, acoperite de muşchi bine dezvoltaţi, reliefaţi, membre superioare şi inferioare puternice, torace bombat, lat cu musculatură bine reprezentată) şi cu un psihic echilibrat.

b) Picnic – caracterizat din punct de vedere somatic, prin înălţime mică sau mijlocie, tendinţă de acumulare a ţesutului adipos, cap rotund, faţă mare şi largă, gât scurt, torace bombat şi coborât, abdomen şi bazin voluminoase, extremităţi mici şi scurte. Trăsăturile psihice specifice sunt: vioiciunea, optimismul, spontaneitatea, superficialitatea în relaţiile sociale, înclinaţia spre compromisuri şi concesii etc.

c) Astenic (leptosom) – cu o dezvoltare predominantă a segmentelor corpului mai ales pe lungime (verticală). Capul este mic, faţa ovală, gâtul şi trunchiul alungite, umerii înguşti, extremităţile (mâini şi picioare) lungi şi subţiri, abdomen mic şi scobit, ţesut adipos şi muscular slab reprezentate. Din punct de vedere psihic se caracterizează prin înclinaţie spre interiorizare, abstractizare, meticulozitate, sensibilitate, simţ acut al onoarei etc.

W. Sheldon, elev al lui E. Kretschmer, prezintă tipologia constituţională pornind de la embriogeneză, adică de la faptul că fiecare dintre cele trei foiţe embrionare – endoderm, mezoderm şi ectoderm – reprezintă puncte de plecare pentru diferite structuri morfologice; viscerele se formează din endoderm, sistemul osos, muscular şi conjunctiv din mezoderm, iar sistemul nervos şi epidermul din ectoderm.

Caracterele morfotipului, corespondent unei foiţe embrionare, se numesc *variabilă*. Ca urmare, există trei variabile (tipuri somatice):

a) Variabila endomorfă (endomorfia) – se caracterizează printr-o dezvoltare redusă a oaselor şi muşchilor; oasele sunt subţiri, relieful muscular slab exprimat, extremităţile relativ mici. Se observă o dezvoltare importantă a ţesutului adipos.

b) Variabila mezomorfă (mezomorfia) – se caracterizează printr-o dezvoltare puternică a oaselor şi a muşchilor, relieful muscular este bine exprimat, puternic; extremităţile sunt lungi şi puternice, centura scapulară mai bine dezvoltată decât centura pelviană.

c) Variabila ectomorfă (ectomorfia) – reprezintă opusul celei endomorfe şi se manifestă prin creşterea în lungime a extremităţilor în raport cu trunchiul; cutia toracică şi bazinul sunt aplatizate.

Sheldon susţine că variaţiile greutăţii corporale datorate creşterii ţesutului adipos nu modifică somatotipul. Cu alte cuvinte, chiar dacă un subiect ectomorf acumulează ţesut adipos, el nu va deveni un endomorf.

Tipologia lui Sheldon oferă interrelaţii între tipul morfologic şi cel psihologic, ceea ce a permis să se concluzioneze că tipurile constituţionale prezintă predispoziţie şi pentru anumite boli psihice.

L. Corman descrie, după fizionomie, două tipuri (fig. 8.2):

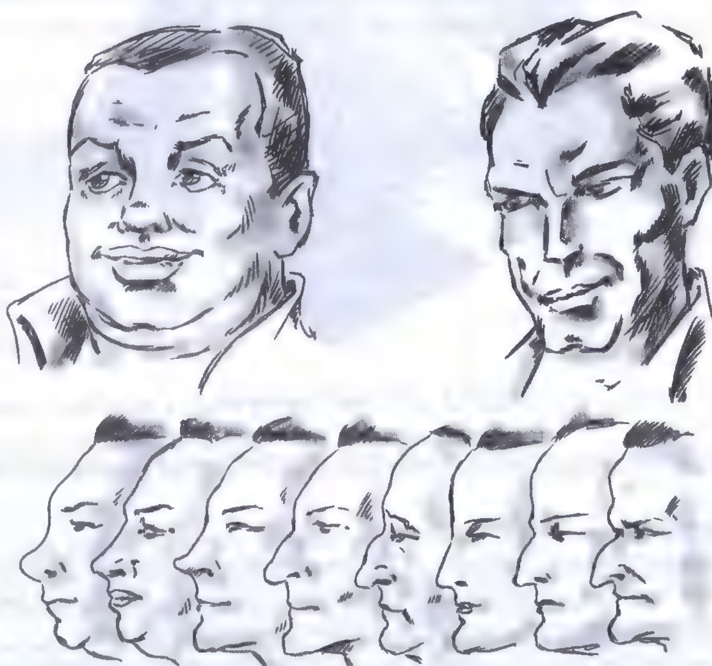


Fig. 8.2 – Tipuri de fizionomii după L.Corman

a) Tipul dilatat – cu faţa şi ochii rotunzi, nările largi; spontan cu o viaţă debordantă şi cu multă implicare sentimentală.

b) Tipul contractat – cu faţa prelungă, osoasă, triunghiulară, nas drept cu nări strâmte, ochi înfundaţi în orbite; inteligent, nesociabil, inadaptabil.

L. Codman completează tipologia lui Sigaud acordând semnificaţie etajelor feţei, care exprimă:

- etajul superior (fruntea) – poziţia gândirii şi a vieţii spirituale;
- etajul mediu (nasul şi pometţii) – nivelul afectivităţii, al vieţii emoţionale şi sociale;
- etajul inferior (bărbia şi buzele) – nivelul instinctual şi al posibi-lităţilor materiale.

N. Pende stabileşte o piramidă biotipologică (fig. 8.3) la baza căreia stă patrimoniul ereditar, iar cele patru feţe se raportează la: morfologie, fiziologie, caracter şi inteligenţă. Vârful piramidei este biotipul.

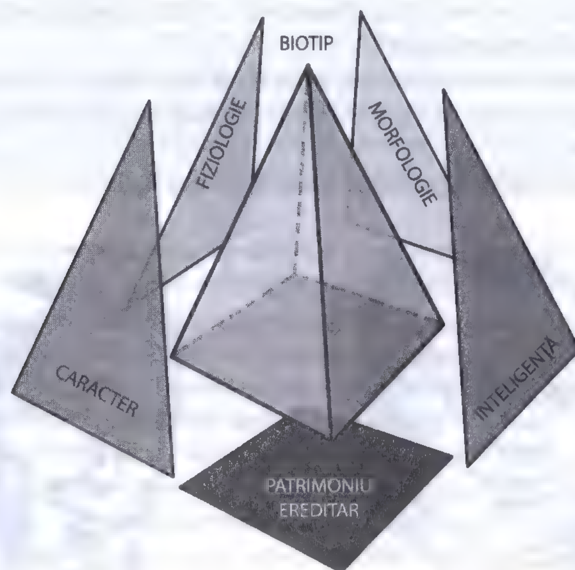


Fig. 8.3 – Piramida lui Pende

În clasificarea tipurilor constituţionale, Pende accentuează asupra rolului glandelor endocrine.

a) Tipul longilin

- *stenic* – se caracterizează prin talie peste medie, siluetă elegantă; indivizii sunt vioi, activi, dornici de realizări, tahipsihici, hiperestezici, iritabili etc. Din punct de vedere endocrin sunt tiroidieni armonioşi sau hipertiroidieni şi simpaticotonici.
- *astenic* – caracterizat prin talie medie sau puţin peste medie; subiecţii sunt activi, dar lipsiţi de rezistenţă şi forţă etc. Din punct de vedere endocrin sunt hipertiroidieni, hiposuprarenalieni şi hipogenitali de diverse grade.

b) Tipul brevilin

• *stenic* se caracterizează prin talie nu prea înaltă, puţin peste medie; sunt viguroşi, activi, dinamici, îndrăzneţi, bradipsihici, cu reacţii mentale şi motorii lente, stabili emoţional, ideativ şi conativ. Din punct de vedere endocrin sunt hipotiroidieni şi vagotonici, hiprercortico-suprarenalieni şi hipergenitali.

• *astenic* caracterizat prin dezvoltarea sistemului osteo-articular, a aparatelor genital şi cardiovascular. Indivizii au predispoziţie pentru hipertensiune arterială, hiperglicemie, hipercolesterolemie. Din punct de vedere endocrin prezintă hipotiroidie, insuficienţă suparenaliană şi hipofizară.

Pende a realizat o clasificare a morfotipologiei feminine, completată ulterior de Vague.

a) Tipul prepubertar – corp de adolescentă, gracil, sâni mici şi comportament tineresc.

b) Tipul matern – cu următoarele caracteristici: bazin larg, şolduri late, sâni bine dezvoltaţi, tendinţă de depunere a ţesutului adipos, mai ales la nivelul membrelor inferioare; preocupări tipic feminine, psihologie maternă.

c) Tipul viriloid – în care coexistă caracterele feminine cu cele masculine, în sensul că formele sunt mai puţin rotunde, osatura mai pronunţată, caracterul mai hotărât.

d) Tipul android – caracterizat printr-o constituţie corporală de tip android cu diametrul bitrohanterian mai mic decât cel biacromial, musculatură dezvoltată, adipozitate repartizată mai mult pe abdomen decât pe membre, pilozitate excesivă; organele genitale şi sânii nu sunt obligatoriu modificate; comportamentul este voluntar şi dominator.

Tabelul 8.2 – Tipuri constituţionale – sinteză

Autor	Tip constituţional			
C.Sigaud	digestiv	muscular	cerebral	respirator
E.Kretschmer	atletic	picnic	astenic	
W.Sheldon	endomorf	mezomorf	ectomorf	
N.Pende	longilin	brevilin		
N.Pende&Vague	prepubertar	matern	viriloid	android

C.I. Parhon a subliniat, pentru prima dată, legătura dintre sistemul endocrin şi tipul constituţional pe diverse planuri: somatic, funcţional şi psihic.

Diferenţele dintre indivizi sunt consecinţa funcţionării glandelor endocrine (normo, hipo sau hiperfuncţie).

Normofuncţia glandelor endocrine asigură o dezvoltare armonioasă a organismului, în timp ce hipo sau hiperfuncţia acestora este responsabilă de aspecte particulare somato-fizio-psihice. Rezultă următoarele tipuri constituţionale:

a) Tipul hiperhipofizar este consecinţa proliferării difuze sau circumscrise (adenom) a celulelor eozinofile ale adenohipofizei, urmată de hipersecreţia de hormon somatotrop hipofizar (STH), exces care se instalează înainte de încetarea creşterii şi a dezvoltării. În această situaţie, deficienţa se numeşte gigantism.

Înălţimea acestor indivizi este cu cel puţin 20% mai mare decât media corespunzătoare vârstei şi sexului şi are valori cuprinse între 180 şi 220 cm (fig. 8.4).

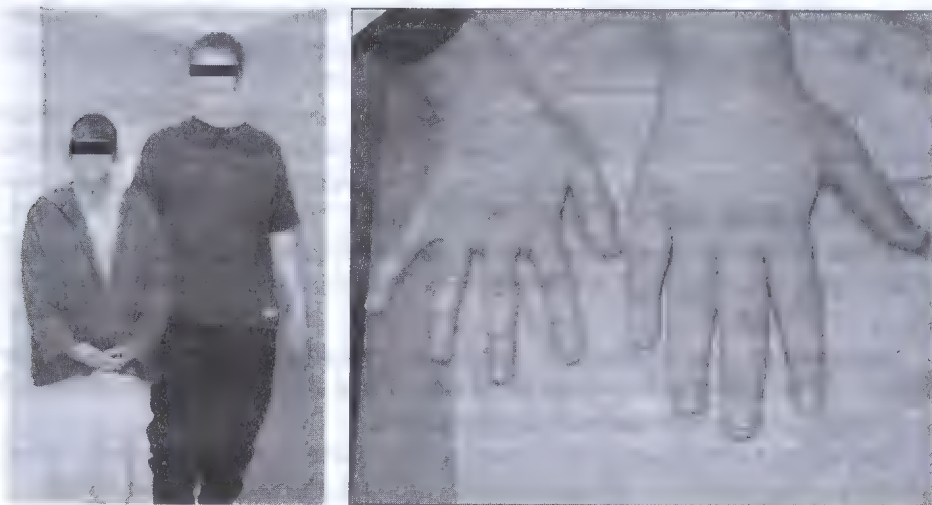


Fig. 8.4 – Gigantism hipofizar la un copil în vârstă de 12 ani

În majoritatea cazurilor, subiecţii, numiţi giganţi normali (euritmici) sunt proporţionaţi, sănătoşi, şi prezintă următoarele aspecte somatice:
- capul mare;
- piramida nazală lăţită la baza ei frontală;
- înălţimea maxilarului superior este predominantă la nivelul masivului facial;
- segmentele membrelor îşi păstrează proporţiile;
- adipozitatea este redusă;
- musculatura este hipertrofică iniţial şi permite performanţe spectaculoase, însă scade treptat, iar în stadiile avansate de boală nu mai poate susţine scheletul, motiv pentru care apar deficienţe multiple (de exemplu, gigantism cu cifoză).

b) Tipul hipohipofizar este consecinţa hiposecreţiei de STH. Acesteia i se asociază insuficienţa altor hormoni tropi hipofizari cu acţiune ţintă asupra altor glande endocrine: tireotropul (TSH), adenocorticotropul (ACTH) şi hormonii gonadotropi, realizându-se un tablou clinic complex, caracterizat prin nanism relativ armonic, infantilism sexual cu dezvoltare intelectuală normală. Se descriu şi forme familiale, care dovedesc importanţa factorului genetic în producerea acestei boli.

În nanismul hipofizar creşterea este continuă, dar se realizează cu viteză scăzută. Cartilajele de creştere rămân deschise mult timp după perioada normală de închidere. Înălţimea definitivă variază, în raport cu gradul tulburării, de la 1,20 la 1,50 m.

Insuficienţele de creştere interesează în mod egal diferitele părţi ale corpului, păstrându-se, astfel, proporţiile corespunzătoare înălţimii; se realizează un nanism de tip armonic pentru vârsta taliei. Deficitul de creştere este evident în jurul vârstei de 2-3 ani.

Caracteristici:
- gracilitate izbitoare;
- cap mic, rotunjit, cu proeminenţe, creste şi apofize puţin dezvoltate; aspect pueril „de păpuşă" cu trăsături gracile, mici şi fine, cu ochi mici şi rotunzi, apropiaţi, vioi, gura mică şi cu deschidere circulară, nasul şi bărbia mici, pielea săracă în pigment şi subţire;
- pilozitatea bărbii, mustăţii şi a capului este rară şi fină, datorită coexistenţei unui hipogonadism de origine hipofizară după vârsta pubertăţii;
- coexistă trăsături de îmbătrânire precoce a tegumentelor (riduri numeroase şi fine) cu trăsături infantile la nivelul feţei;
- dinţii sunt deseori încălecaţi din cauza lipsei de dezvoltare a arcadelor dentare;
- limba este, de obicei, subţire şi ascuţită;
- ultimele segmente ale extremităţilor sunt adesea mici (acromicrie), frecvent cianotice;
- se păstrează proporţionalitatea între segmentele membrelor;
- tegumentele sunt transparente şi permit vizualizarea unui desen venos accentuat, mai ales pe torace;
- ţesutul adipos este uneori redus, iar alteori există adipozitate tronculară;
- sistemul muscular este slab dezvoltat;
- articulaţiile prezintă hiperlaxitate;
- organele genitale şi caracterele sexuale secundare nu se dezvoltă în perioada pubertăţii (infantilism hipofizar); uneori înainte de pubertate, organele genitale au aspect aproape fetal (fetalism genital);
- dezvoltarea psihică este, de cele mai multe ori, surprinzător de bună; majoritatea sunt vioi şi activi.

c) Tipul hipertiroidian este consecinţa hipersecreţiei de hormoni tiroidieni (tiroxină-T4 şi/sau triiodotironină-T3), cauzând scăderea bruscă şi importantă a greutăţii, în condiţiile unui apetit normal sau chiar exagerat, hipotonie musculară, privire fixă, exoftalmie, tahicardie sau aritmie, tremurături, piele caldă şi umedă, transpiraţii, accelerarea tranzitului intestinal. Din punct de vedere neuropsihic prezintă nervozitate şi iritabilitate.

d) Tipul hipotiroidian este consecinţa insuficienţei de secreţie a hormonilor tiroidieni sau a insuficienţei acţiunii lor la nivel tisular.

Primele acuze semnalate în nanismul tiroidian sunt: oboseala, somnolenţa, intoleranţa la frig, reducerea memoriei şi încetinirea ideaţiei. Aspectul somatic constă în:
- infiltrarea feţei, uscarea, răcirea, asprirea şi paloarea tegumentelor;
- căderea părului;
- faciesul are aspect cretinoid: faţa lată, rotunjită, „în lună plină", inexpresivă, asemănătoare cu o mască; părul capului este aspru, gros, fără strălucire, treimea externă a sprîncenelor, rară sau absentă;
- unghiile sunt subţiri, mate, sfărâmicioase;

– tegumentele trunchiului şi membrelor sunt uscate şi cu descuamare furfuracee;
– motricitatea se caracterizează prin mişcări lente (bradi-kinezie) şi imprecise;
– prezintă tulburări de coordonare;
– musculatura scheletică este infiltrată sau pare hipertofică; forţa musculară este scăzută;
– glandele sexuale prezintă infantilism accentuat.

La acestea se adaugă:
– tulburări de memorie (bradipsihie);
– dificultăţi în vorbire (bradilalie);
– îngroşarea vocii;
– constipaţie;
– creştere în greutate.

Tabloul clinic al bolii variază în funcţie de vârsta la care se instalează insuficienţa tiroidiană. Astfel, când leziunea parenchimului tiroidian s-a produs intrauterin, apare cea mai gravă formă a hipotiroidiei numită mixedem congenital. În această situaţie, creşterea este totdeauna încetinită, deşi în primele luni de viaţă nu există diferenţe staturale faţă de copilul normal de aceeaşi vârstă. Apoi, creşterea se reduce foarte mult, înălţimea devine cu 20-30% mai mică decât normalul, ajungând la un deficit de 1 m la 20 de ani. Se realizează, astfel, nanismul tiroidian disarmonic şi disproporţionat. Procesul de diferenţiere este profund alterat. Se evidenţiază neconcordanţa dintre vârsta biologică şi cea cronologică. Proporţiile segmentelor rămân nediferenţiate: capul mare în raport cu trunchiul şi membrele, gâtul este lat şi scurt, toracele globulos, abdomenul mare şi flasc.

e) Tipul hipergonadic (hipergenitalism) se exprimă prin hiperorhie şi hiperovarie, caracterizate prin hipersecreţie de hormoni gonadici.

La femei, hipersecreţia de hormoni estrogeni produce următoarele modificări:
– tulburări neuro-vegetative: hipersudoraţie, tahicardie, constricţie toracică;
– tulburări digestive: stomatite, dispepsii;
– retenţie hidrică-edeme;
– sindrom hemoragic: epistaxis, gingivoragii.

Hipersecreţia de progesteron determină anemie şi hemoragii uterine.

Hiperandrogenismul de origine ovariană produce:
– hirsutism (dezvoltarea unei pilozităţi anormale) în regiuni în care pilozitatea este în general minimă sau absentă, acnee, hiperseboree; pilozitatea, mai ales facială, este mai scăzută la subiecţi de origine asiatică;
– alopecie, hipertrofia maselor musculare, modificări ale timbrului vocii, atrofie musculară, modificări ale comportamentului sexual şi social (agresivitate), hipertensiune arterială.

La bărbati, hipergenitalismul se manifestă foarte rar şi constă în precocitate pubertară, care apare înainte de 9 ani.

f) Tipul hipogonadic. Insuficienţa ovariană sau testiculară vizează funcţiile ovulo sau spermatogenetică şi endocrină. Se mai numeşte eunucoidism.

Instalată în perioada prepubertară, insuficienţa determină apariţia tardivă şi incompletă a caracterelor sexuale secundare, pilozitate sexuală secundară redusă, organe sexuale insuficient dezvoltate, voce infantilă (în cazul băieţilor), glande mamare fără modificări morfologice de pubertate (în cazul fetelor).

Din punct de vedere somatic înălţimea este moderat crescută datorită dezvoltării excesive a membrelor inferioare (hipertrofie staturală disarmonică).

Diametrele biacromial şi bitrohanterian sunt egale; uneori, cel biacromial este mai mic. Adipozitatea este redusă sau în exces, cu distribuţie de tip ginoid (zona subombilicală, bazin şi coapse).

Instalată în perioada postpubertară, insuficienţa gonadică determină regresia caracterelor sexuale secundare. Se adaugă scăderea maselor musculare şi tendinţa de creştere a ţesutului adipos, cu o topografie insuficient diferenţiată sexual.

g) Tipul hipercorticosuprarenalian prezintă o adipozitate rar excesivă, dar cu o distribuţie caracteristică: facială, cervicală, tronculară, abdominală, cu respectarea membrelor. Faţa este rotunjită (aspect de lună plină) gâtul pare scurtat, din cauza depunerii de ţesut adipos în zonele supra şi subclaviculară, precum şi la nivelul toracelui şi al zonelor mamare.

Depozitele în zona interscapulară creează un aspect de „ceafă de bizon".

La nivel abdominal, ţesutul adipos se dispune în zona subombilicală.

Membrele sunt respectate, iar extremităţile distale sunt hipotrofice. Aspectul somatic general în acest sindrom (Cushing) a fost comparat cu „lămîie sau cartof pe scobitori", în care lămâia sau cartoful reprezintă capul, gâtul, toracele şi abdomenul, iar scobitorile sunt membrele (superioare şi inferioare).

Alte manifestări: hirsutism, hipertensiune arterială, tulburări gonadice (amenoree, scăderea potenţei până la impotenţă), tulburări psihice (depresie, labilitate psihică, tulburări de memorie) etc.

h) Tipul hipocorticosuprarenalian se manifestă, iniţial, prin: astenie progresivă, adinamie, iritabilitate, anorexie, hiperpigmentarea tegumentelor (melanodermie), hipotensiune arterială.

În evoluţie, se constată scăderea progresivă a forţei musculare, urmată de scăderea toleranţei la efort, transpiraţii, apariţia vărsăturilor, accentuarea peristaltismului intestinal, care determină reducerea greutăţii corporale şi deshidratare severă. Scăderea ponderală poate ajunge până la 10-15 kg şi afectează atât ţesutul adipos, cât şi masa musculară.

Tulburările hipoglicemice sunt frecvente şi se manifestă prin cefalee, astenie, tremurături, transpiraţii reci.

În sinteză, constatăm existenţa mai multor criterii de sistematizare a tipurilor umane, însă indiferent de criteriul utilizat, acestea nu pot cuprinde toţi indivizii, deoarece morfologia corporală prezintă o mare varietate interindividuală şi intraindividuală, de-a lungul ontogenezei.

Astfel, schimbările în constituţia fizică (somatotipul) sunt susţinute de mulţi antropologi. Este cunoscută redistribuirea ţesutului adipos, dezvoltarea ţesutului muscular şi creşterea extremităţilor între 3-4 şi 8 ani.

Unii autori, utilizează ca reper, clasificarea lui Sheldon, care porneşte de la embriogeneză (Heath & Carter, 1967, 1990; Munoz et al, 1986, Pacheco, 1993; Romero et al, 1994; Rebato et al, 2000).

Rebato et al (2000) susţin că heritabilitatea tipului mezomorf este cea mai mare, urmată de ectomorfie şi endomorfie. Mezomorfia tinde să scadă cu vârsta şi rămâne practic constantă la băieţi.

Parnel (1958) a propus o metodă de calcul a somatotipului antropometric, revizuită ulterior de Heath şi Carter. Metoda se bazează pe măsurători antropometrice, constând în talie, greutate, 4 plici cutanate (triceps, subscapulară, suprailiacă, plica proximală a gambei, două diametre (*biepicondiliar femural* şi *humeral*) şi două perimetre (al braţului şi gambei în flexie maximă).

Calcularea somatotipului antropometric oferă posibilitatea studierii compoziţiei corporale, responsabilă de modificările formei corporale.

8.3. Tipurile constituţionale şi sportul

Tipurile constituţionale, indiferent de criteriul de sistematizare, sunt utile în selecţia şi orientarea sportivă, dar şi în monitorizarea randamentului sportiv.

Biotipul sportiv se stabileşte pe baza următorilor parametrii medicali: sanogenetici, genetici, morfologici, funcţionali, neuropsihici şi biochimici.

a) Parametrii sanogenetici vizează existenţa unei stări de sănătate perfectă. Din antecedente sau din starea prezentă se vor exclude bolile (incompatibile cu efortul fizic susţinut) care contraindică sportul: malformaţiile congenitale şi afecţiunile congenitale cardiovasculare, fibrilaţia atrială, anomalii sau deformări ale aparatului locomotor, diabet, boli neuropsihice, hepatice, renale etc.

b) Parametrii genetici vizează diagnoticul de sex, care este astăzi obligatoriu, deoarece în trecut s-au descoperit sportive cu sex genetic masculin, fără să prezinte semne de transexualitate.

c) Parametrii morfologici stabilesc un anumit biotip morfologic, pe baza căruia se face selecţia în dinamică. Astfel, dacă selecţia iniţială este ceva mai lejeră, selecţiile secundară şi terţiară sunt severe. În cadrul selecţiei secundare (considerată adevărata selecţie în sportul de performanţă) se va lua ca reper aşa-numitul micromodel biologic al performerului în sportul sau proba respectivă.

S-a constatat, în sportul contemporan, că fiecare ramură de sport are un biotip constituţional optim, specific. Ca urmare, selecţia şi antrenamentul sportiv trebuie efectuate pe baze ştiinţifice, după investigaţii minuţioase, pentru a stabili relaţia dintre biotipul constituţional şi sportul sau proba respectivă.

În cadrul examenului medico-sportiv pot fi depistate biotipuri constituţionale favorabile sau nefavorabile sportului sau probei respective (concordante sau neconcordante cu baremurile specifice).

Referitor la tipologiile endocrine şi orientarea sportivă, tipul hiperhipofizar este ideal pentru practicarea unor jocuri sportive, tipul hipercorticosuprarenalian poate fi dirijat

spre eforturile de anduranţă (atletism – semifond, fond), iar cel hipertiroidian spre cele de viteză. Se susţin astfel şi rezultatele cercetărilor în domeniul medico-sportiv, potrivit cărora la aceeaşi vârstă, populaţia de înalt nivel sportiv prezintă o morfologie corporală specifică specializării sportive practicate.

Luând în considerare clasificarea lui Sheldon, s-a constatat incidenţa crescută a tipului mezomorf în rândul populaţiei sportive, comparativ cu nesportivii, care prezintă o mai mare endomorfie.

Studii efectuate pe ciclişti evidenţiază că aceştia au un somatotip mezo-ectomorf, în timp ce populaţia masculină nonsportivă de aceeaşi vârstă este mai frecvent endomorfă.

În gimnastica sportivă fete, obţinerea performanţelor este incompatibilă cu tipul constituţional caracterizat prin diametre biacromial şi bitrohanterian mari şi sâni voluminoşi.

Tabelul 8.3 – Tip efort/configuraţie constituţională favorabilă

Tip efort	Tip constituţional
Forţă	android, muscular
Rezistenţă	mediu, subponderal
Viteză explozivă	longilin, cu membre inferioare lungi
Jocuri sportive	atletic

În prezent, biotipul morfologic merge chiar la detalii, vizând: anvergura, diametrele palmare şi plantare, alonja, lungimea membrelor etc. (I. Drăgan, 2002). Trebuie respectate şi unele principii, dintre care autorul citat semnalează „prognoza creşterii osoase prin: metoda radiografiilor cartilagiilor de creştere palmară, genunchi sau pe baza unor formule, respectarea legilor de creştere a organismului, abţinerea de la scăderea artificială (purgative, diuretice etc.) sau creşterea forţată în greutate".

Se poate realiza şi prognoza evoluţiei postpubertare a para-metrilor evaluaţi, iar în cadrul selecţiei terţiare (de performanţă) se poate constata dacă după antrenamentele specifice s-a realizat sau nu tipul constituţional ideal, al perfomerului.

d) Parametrii funcţionali indică mai ales ecoul procesului de antrenament asupra tuturor aparatelor şi sistemelor organismului. Este vorba atât de determinări cantitative, cât şi de evaluări calitative prin calcularea unor indici. Toate acestea, conferă baza obiectivă de selecţie continuă, dinamică şi de orientare sau reorientare sportivă.

e) Parametrii neuropsihici vizează particularităţile psihologice ale subiectului şi concordanţa acestora cu cerinţele clare ale activităţii sportive de performanţă. Prin corespondenţa dintre aptitudinile şi atitu-dinile individului se asigură adaptarea la efort şi eficienţa în antrenamente şi competiţii.

f) Parametrii biochimici vizează aspectele biochimice ale energeticii organismului şi reprezintă un element esenţial atât pentru selecţie, cât şi pentru antrenament, deoarece condiţionează funcţionarea organismului în timpul efortului.

Aceste criterii medico-sportive permit stabilirea ***modelului biologic*** al performerului, care va fi dublat de ***modelul motric*** pe baza unor criterii motrice specifice fiecărei ramuri sau probe sportive. Astfel, capacităţile motrice condiţionale (forţa, viteza, rezistenţa) şi coordinative trebuie să se încadreze în anumite bareme, iar prin antrenament, acestea şi capacităţile motrice intermediare trebuie să determine formarea şi perfecţionarea standardelor motrice specifice.

Capitolul 9

MOBILITATEA ARTICULARĂ ŞI SUPLEŢEA MIŞCĂRILOR

9.1. DEFINIŢIILE MOBILITĂŢII ŞI ALE SUPLEŢEI

9.2. ASPECTE PRIVIND TIPURILE DE ARTICULAŢII ŞI MOBILITATEA ACESTORA

9.3. METODE ANTROPOMETRICE DE MĂSURARE ŞI EVALUARE A AMPLITUDINII ARTICULARE

9.4. MODIFICĂRI ALE MOBILITĂŢII ARTICULARE

9.5. CALCULAREA COEFICIENTULUI GLOBAL FUNCŢIONAL DE MOBILITATE

9.1 Definiţiile mobilităţii şi ale supleţei

Mobilitatea reprezintă „capacitatea şi proprietatea unui individ de a executa, singur sau cu ajutorul unor forţe externe, mişcări de mare amplitudine prin mobilizarea uneia sau a mai multor articulaţii" (Weineck, 2003). Acelaşi autor consideră termenii de flexibilitate sau supleţe sinonimi cu mobilitatea. Părerea lui Weineck este susţinută şi de Fourré (2003), Waynel (1999), Piard (1994). Mai mult, ultimii doi autori subliniază că pentru mobilitate sunt utilizate şi sinonimele întindere, elasticitate etc.

Alţi autori apreciază că supleţea este diferită de mobilitate. Canal M. (2005) defineşte mobilitatea ca fiind „capacitatea de a realiza o mişcare în cea mai mare amplitudine posibilă şi mobilizabilă", iar supleţea desemnează „capacitatea de a atinge cele mai mari amplitudini articulare". Astfel, supleţea permite realizarea unui gest sau a unei serii de gesturi motrice cu maximă amplitudine şi armonie, ca rezultat al coor-donării neuromusculare.

Dragnea A. at al. (2008) consideră mobilitatea „o calitate a articulaţiilor corpului, în timp ce supleţea este o caracteristică a aparatului musculo-ligamentar. Ambele sunt calităţi care se manifestă împreună, în orice mişcare şi determină eficienţa acesteia".

Supleţea corespunde termenului englez de flexibilitate (flexibility).

P.Hillerin (1998) şi S. Macovei (1999) au studiat supleţea în sport şi au descris următoarele tipuri:

- supleţea musculo-ligamentară, considerată de P. Hillerin „extensibilitatea evidenţiată prin lipsa de opoziţie exagerată a musculaturii antagoniste la mişcare";
- supleţea neuro-motrică, definită de acelaşi autor prin „capacitatea sistemului neuromotric de a trece de la starea de excitaţie la cea de inhibiţie şi invers, uşor şi rapid în mod gradat, păstrând permanent controlul asupra mişcării";
- supleţea articulară sau mobilitatea articulară, pe care S. Macovei o consideră „capacitatea aparatului osteo-articular de a realiza amplitudini unghiulare variate în limitele proprii fiecărei articulaţii."

Mobilitatea este calitatea aparatului locomotor de a efectua, sub influenţa forţelor interne sau externe, mişcări în articulaţii, în diferite planuri, cu grade diferite de libertate, considerate normale. În sport, mobilitatea articulară şi supleţea tendoanelor, a ligamentelor şi a muşchilor peste limitele obişnuite oferă mişcărilor amplitudine, expresivitate şi cursivitate (A. Dragnea, 2009).

Mobilitatea şi supleţea sunt influenţate de factori centrali (de natură psihofiziologică), periferici (de natură biomecanică), factori de mediu, vârstă şi sex (tabelul 9.1).

Supleţea este încadrată de R. Mano (1992) în grupa capacităţilor motrice intermediare.

Se descrie o *mobilitate generală* (normală) a tuturor articulaţiilor corpului, în care toate amplitudinile mişcărilor răspund solicitărilor vieţii cotidiene, şi o *mobilitate specifică* (specială) unor mişcări, executate în unele articulaţii, dezvoltată pentru activităţi diferite şi ramuri de sport (este responsabilă de acurateţea execuţiei tehnice).

Astfel, mobilitatea specifică a articulaţiilor coloanei vertebrale şi coxo-femurale este importantă la atleţi în probele de garduri, a umărului în probele de aruncare cu suliţa, a articulaţiei scapulo-humerale la înotători – procedeul crowl etc.

Din punctul de vedere al forţei mobilizatoare, mobilitatea este *pasivă* (cu o amplitudine mai mare) şi *activă* (cu unghi articular mai mic). Diferenţa dintre aceste două forme reprezintă rezerva motrică.

Mobilitatea activă poate fi dezvoltată prin creşterea forţei musculare a agoniştilor. Exerciţiile de întindere scad tensiunile musculare cu efect limitativ asupra amplitudinii de mişcare.

Tabelul 9.1 – Factorii care influenţează mobilitatea (M) şi supleţea (S)
(adaptare după Dragnea et al., 2008)

Factori centrali	Factori periferici	Factori de mediu, vârstă şi sex
- starea de încordare (de excitaţie) sau de relaxare (de inhibiţie) ce stă la baza nivelului general de activare; - coordonarea între agoniştii şi antagoniştii mişcării (contracţie şi relaxare); - starea afectivă; - inhibarea reacţiei reflexe de apărare, prin contracţia antagoniştilor la acţiunea agoniştilor; - starea de oboseală.	- tipul de articulaţie (mobilă, semimobilă sau fixă); - capacitatea de întindere a muşchilor, a tendoanelor şi a ligamentelor; - elasticitatea capsulei articulare; - acţiunea forţelor externe la care agoniştii răspund în regim de învingere sau cedare; - complexitatea deprinderii tehnice executate.	- temperatura mediului: M şi S cresc la temperaturi optime, de confort, şi se reduc la temperaturi scăzute; - ritmul circadian: M şi S sunt reduse considerabil dimineaţa şi cresc pe parcursul zilei; - vârsta: M şi S sunt mai mari la copii decât la adulţi şi vârstnici; - sexul: fetele au mobilitate mai bună decât băieţii.

Mobilitatea este limitată genetic de structurile osoase şi are o mare variabilitate individuală în privinţa potenţialului de dezvoltare. Este singura dintre principalele forme de solicitare motrică ce atinge nivelul maxim de dezvoltare în perioada de trecere de la copilărie la adolescenţă, după care descreşte treptat.

Supleţea se regăseşte în unghiurile de mişcare, importante atât în desfăşurarea activităţilor vieţii cotidiene şi sportive, cât şi în recuperarea medicală.

Prin creşterea mobilităţii articulare, mişcările se execută cu un consum energetic redus, coordonarea motrică este ameliorată, se optimizează tehnica sportivă, viteza şi forţa de execuţie, scade tensiunea musculo-ligamentară, se produce o rapidă alternanţă între acţiunea agoniştilor şi a antagoniştilor.

9.2. Aspecte privind tipurile de articulaţii şi mobilitatea acestora

Aprecierea gradului de mobilitate al articulaţiilor corpului poartă denumirea de *bilanţ articular*. Acesta constă în măsurarea:

- directă, analitică a unghiurilor disponibile de mişcare (realizate între cele două segmente osoase care compun articulaţia), pe direcţiile anatomice posibile, în planurile şi axele corespunzătoare, utilizând instrumente sau dispozitive specifice;
- indirectă, prin măsurători centimetrice, ca răspuns la executarea unor probe sau teste contând în efectuarea unor mişcări cu amplitudini maxime.

În cazul coloanei vertebrale, mobilitatea poate fi măsurată între două vertebre, pe regiuni vertebrale sau în ansamblu, pe toate regiunile vertebrale mobile (vezi şi cap.11).

După numărul axelor de mişcare şi forma suprafeţelor articulare, deosebim articulaţii:

• uniaxiale – cu o singură axă de mişcare: trohleare (humero-ulnară, interfalangiene) trohoide (radioulnară proximală şi distală, atlantoaxoidiană);

• biaxiale – cu două axe de mişcare, perpendiculare una pe cealaltă: elipsoidale (radiocarpiană, metacarpofalangiene) şi articulaţii în şa (carpometacarpiană a policelui, trapezo-metacarpiană);

• triaxiale – care permit mişcări în toate planurile spaţiului şi includ articulaţii sferoidale, cotilice numite şi enartroze (scapulo-humerală, şold).

a) uniaxiale trohoide



b) biaxiale elipsoidiană



c) triaxiale sferoidale

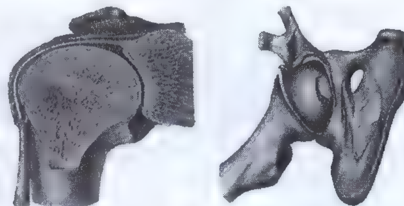


Fig. 9.1 – Tipuri de articulaţii

În cazuri patologice, măsurarea amplitudinii articulare permite atât cuantificarea limitărilor şi a deviaţiilor articulare, cât şi observarea fenomenelor dureroase şi a senzaţiilor resimţite de subiect la sfârşitul cursei mişcării.

În cazul bolilor cronice se evaluează nivelul de afectare permanentă pentru stabilirea gradului de dizabilitate.

Asociată cu alte bilanţuri, amplitudinea permite instituirea unui tratament adecvat, ale cărui efecte vor fi apreciate prin măsurători repetate în condiţii reproductibile.

9.3. Metode antropometrice de măsurare şi evaluare a amplitudinii articulare

9.3.1. Metode directe

Metodele directe de măsurare şi evaluare ale unghiurilor articulare sunt goniometria şi înclinometria manuală.

Amplitudinea maximă de mişcare poate fi atinsă activ (prin realizarea mişcării de către subiectul examinat) sau pasiv (prin intervenţia examinatorului, a gravitaţiei etc.).

În general, amplitudinea unei mişcări pasive este superioară celei active.

Metodele directe permit şi evaluarea potenţialului motor al individului, atât din punct de vedere cantitativ, cât şi calitativ.

Goniometria este o metodă fiabilă, reproductibilă, bazată pe repere anatomice uşor de identificat.

Goniometrele, instrumentele de măsurare a amplitudinii articulare (fig. 9.2), sunt de diferite modele şi mărimi, adaptate dimensiunilor segmentelor de studiat. Recent s-au construit şi goniometre speciale pentru măsurarea unghiului de înclinare a bazinului sau a mobilităţii articulare în cazul modificării axelor (genu varum sau valgum).

Goniometrele clasice se compun dintr-un raportor (0-180°) sau un cerc şi două braţe (unul fix şi altul mobil). Cele două braţe se întâlnesc într-un punct fix, care reprezintă axul goniometrului.

Măsurătoarea trebuie precedată de determinarea:

- poziţiei de referinţă, respectiv poziţia zero (0) anatomic sau poziţia preferenţială pentru articulaţia de testat;
- planului în care se execută mişcarea ce urmează a fi evaluată (frontal, sagital sau transversal).

Goniometria impune respectarea următoarelor ***condiţii***:

- poziţia subiectului va fi comodă şi relaxantă, subiectul va fi dezbrăcat la nivelul segmentului care urmează a fi examinat pentru a permite o evaluare corectă a amplitudinii de mişcare în articulaţia de testat;
- poziţia kinetoterapeutului va fi, de asemenea, comodă şi relaxantă, pentru a asigura o maximă tehnicitate;

• raportorul se plasează în planul mişcării;
• axul goniometrului se poziţionează în axul biomecanic al mişcării, mai precis pe proiecţia lui cutanată, definită cu precizie clinică relativă, respectiv prin repere vizibile sau palpabile;
• braţele se plasează paralel cu axele longitudinale ale segmentelor care formează unghiul articular ce urmează a fi măsurat, astfel:
  – braţul fix pe segmentul de referinţă;
  – braţul mobil pe segmentul deplasabil, însoţind mişcarea pe care acesta o execută; practic, se aliniază pe segmentele situate de o parte şi de alta a articulaţiei;
• nu va fi presat pe segmente, se va aplica uşor, pentru a nu limita mişcarea;
• testările se vor realiza prin mobilizări active sau pasive (diferenţele medii sunt de cca 15° în favoarea mişcărilor pasive).

În cazul mobilizărilor active, subiectul execută mişcarea solicitată, în amplitudinea posibilă, în timp ce kinetoterapeutul deplasează braţul mobil al goniometrului concomitent cu segmentul care se mişcă.

Valorile obţinute în urma măsurătorilor se exprimă în grade de la 0-180°, deoarece orice mişcare se încadrează între aceste limite.

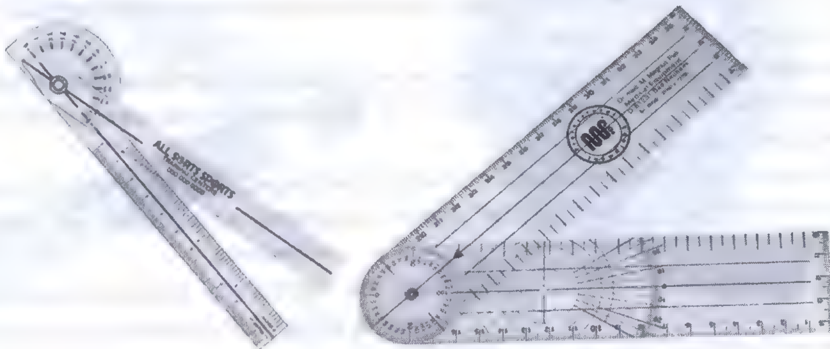
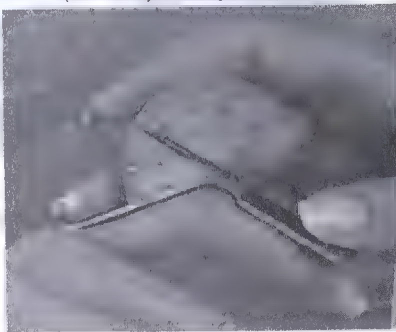


Fig. 9.2 – Tipuri de goniometre clasice

a) cu goniometrul (articulaţie interfalangiană)



b) cu înclinometrul (articulaţie radiocarpiană)

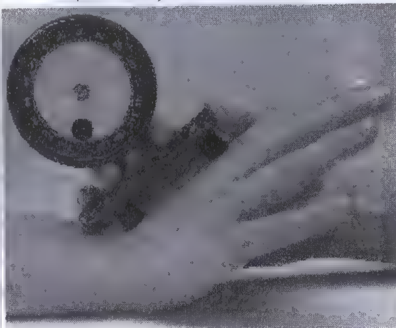


Fig. 9.3 – Măsurarea amplitudinii articulare

Înregistrările se notează în diverse sisteme de tabele, grupând valorile mişcărilor opuse pe acelaşi ax (flexia şi extensia, abducţia şi aducţia, rotaţia externă şi internă), alături de valorile standard.

În cazul articulaţiilor membrelor, interpretarea se face în comparaţie cu unghiul aceleiaşi mişcări, efectuată cu segmentul opus, şi/sau cu valorile standard ale amplitudinii maxime de mişcare.

Goniometrele manuale au o serie de dezavantaje:

- măsurătorile sunt relativ precise, mai ales în cazul pacienţilor cronici, la care monitorizarea amplitudinii de mişcare este de durată, iar instrumentul de măsurare poate furniza date eronate;
- măsoară amplitudinea de mişcare într-un singur plan.

Înclinometria este o variantă a goniometriei şi constă în măsurarea unghiurilor articulare în raport cu linia de gravitaţie.

Înclinometrul mecanic (fig. 9.4) indică în mod constant atât verticala, cât şi orizontala; precizia este de ordinul a 2°. Se compune dintr-o bază (care conferă stabilitate), deasupra căreia este fixat un cadran cu scală, gradată din 2 în 2° (pentru o citire rapidă) şi/sau din 1 în 1° (pentru acurateţea măsurătorii). Acul înclinometrului indică verticala, indiferent de poziţia în care este plasat.

Cele două coloane culisante ale bazei reglează distanţa între două puncte apropiate şi permit măsurarea amplitudinii de mişcare în articulaţii mici (două apofize spinoase, două falange etc.).

Prin fixarea unui braţ telescopic (de fiecare parte a bazei), înclinometrul se transformă într-un goniometru cu braţ, utilizat pentru măsurarea amplitudinii de mişcare în articulaţiile mari ale corpului.

Comparativ cu goniometria, metoda este mai rapidă, mai simplă (nu necesită aliniamente particulare) şi precisă. Atât goniometria, cât şi înclinometria evaluează valorile amplitudinii articulare la finele cursei de mişcare.



Fig. 9.4 – Tipuri de înclinometre

Unghiurile de mişcare pot fi înregistrate şi electronic, cu goniometre sau înclinometre digitale (fig. 9.5) prevăzute cu senzori şi ecrane de afişare.

Un transmițător wireless încorporat permite conectarea la computer. Datele sunt stocate, procesate cu softuri speciale și afișate pe monitor.

Pacientul poate citi valorile amplitudinilor articulare măsurate, valorile normale, eventualele abateri de la acestea, iar în cazul unor boli cronice, prin determinări repetate, apreciază direct evoluția sub tratamentul aplicat (progres, regres sau oprire în evoluție). Datele pot fi afișate și sub forma unor diagrame.

Prin interconectarea a două înclinometre digitale se obține un dublu înclinometru (fig. 9.6), care măsoară simultan amplitudinea unei mișcări pereche (ambele sensuri de mișcare într-un plan).

Avantaje: oferă rezultate precise (eroare de numai 0,1°), timpul de examinare este redus; permit stocarea și compararea rezultatelor.

Dezavantaj: necesită calibrare la fiecare utilizare (nu indică verticala și orizontala). Calibrarea se face în funcție de un reper sigur perfect vertical (un perete) sau perfect orizontal (masa terapeutică).



a) goniometru

b) înclinometru

Fig. 9.5 – Aparatură digitală

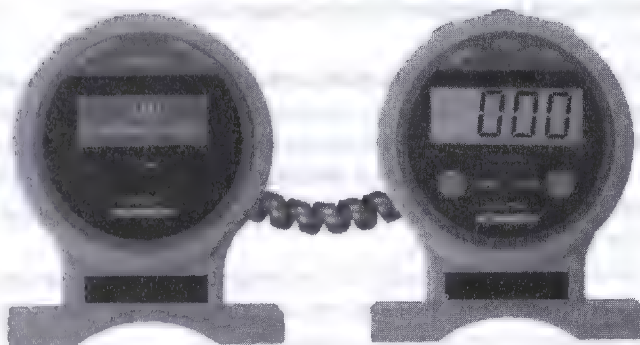


Fig. 9.6 – Înclinometru digital dublu

9.3.2. Metode indirecte

Metodele indirecte de măsurare şi evaluare a amplitudinii articulare sunt:

- măsurătorile centimetrice;
- electrogoniometria;
- electroînclinometria;
- sisteme electronice în câmpuri electromagnetice;
- sisteme bazate pe înregistrări video 2 D sau 3 D;
- metode imagistice (radiografia, tomodensimetria, rezonanţa magnetică etc.).

Specialistul trebuie să aleagă dintre acestea, în funcţie de starea clinică a subiectului, mijloacele materiale de care dispune şi de scopul măsurătorii (cercetare, recuperare medicală, ortezare-protezare, sport de performanţă etc.).

Măsurătorile centimetrice

Deşi goniometria manuală este cea mai uzitată metodă de măsurare şi evaluare a amplitudinii articulare, eroarea ei de cca 5° este considerată de specialişti mai mare decât câştigul de mobilitate înregistrat într-o şedinţă terapeutică. De aceea, mulţi kinetoterapeuţi preferă măsurătorile centimetrice, care constau în măsurarea distanţei proiecţiei pe sol a unui segment osos. Distanţele măsurate în centimetri corespund anumitor unghiuri articulare, conform unor tabele de conversie. Supleţea poate fi apreciată şi prin posibilitatea subiectului de a adopta şi a menţine anumite poziţii; se măsoară distanţa dintre segmente sau dintre părţi ale corpului şi un plan de referinţă.

Electrogoniometria şi electroînclinometria

Se realizează cu electrogoniometre şi electroînclinometre. Acestea sunt goniometre sau înclinometre prevăzute cu potenţiometre care măsoară variaţiile tensiunii musculare în raport cu unghiurile articulare.

Există numeroase modele de electrogoniometre, adaptate tipului articulaţiei; permit evaluarea mişcărilor în toate planurile.

Sistemele electronice în câmpuri electromagnetice măsoară:

- amplitudinea unei mişcări;
- amplitudinea mişcărilor compexe, efectuate simultan într-o articulaţie;
- viteza de execuţie a mişcărilor;
- mişcările de compensaţie ale corpului.

Determinările se realizează în câmpuri electromagnetice (generate de o sursă), care acţionează asupra unor senzori, plasaţi în diferite puncte ale corpului, în funcţie de mişcarea testată (vezi şi capitolul 11).

Măsurătorile se execută de mai multe ori pe secundă, în toate cele trei planuri (3 D).

Rezultatele achiziţionate sunt stocate într-un computer, iar prin softuri speciale se realizează analiza şi sinteza biomecanică a datelor.

Numărul senzorilor de mişcare depinde de complexitatea mişcării.

Denumirile acestor sisteme sunt diferite în funcţie de firma producătoare. Acurateţea măsurătorilor nu a fost complet demonstrată.

Specialiştii afirmă că rezultatele oferite de aceste aparate trebuie dublate de experienţa kinetoterapeutului, pentru ca datele să poată fi considerate precise.

Înregistrările video 2 D şi 3D.

Pentru înregistrarea mişcărilor se utilizează camere video digitale: una (pentru recoltarea datelor în două planuri – 2 D), două sau mai multe (pentru înregistrarea spaţială a mişcării – 3 D).

Sesizarea mişcării este posibilă prin intermediul unor markeri luminoşi sau fluorescenţi aplicaţi pe segmentele osoase care compun articulaţia sau articulaţiile testate (vezi fig. 13.4). Mişcarea se înregistrează sincron în lumină difuză. Se vizualizează poziţia punctelor luminoase sau fluorescente faţă de un reper extern.

Datele recoltate prin intermediul camerelor video (sisteme de achiziţie) sunt stocate în computer şi procesate prin softuri speciale.

Aplicaţiile acestei tehnologii sunt incontestabile în:

- sportul de performanţă, unde pe baza analizei biomecanice a tehnicilor de execuţie sau a mişcărilor specifice este posibilă optimizarea reală a procesului de pregătire sau a celui competiţional;
- kinetoterapie, unde eficienţa tratamentului aplicat poate fi măsurată 3D simultan în toate articulaţiile corpului, oferind date precise privind unghiurile articulare şi ecoul lor asupra dinamicii corpului, în cazul modificării acestora;
- ortopedie, în caz de protezare-ortezare, pentru aprecierea mecanicii protezelor şi a biomaterialelor, în cazul amputaţiilor, al deviaţiilor sau al deficienţelor.

Cele mai noi sisteme de înregistrare a mişcărilor nu mai utilizează marcarea segmentelor cu repere luminoase sau reflectorizante. Softuri performante recunosc automat mişcarea unui punct ales pe articulaţia testată, prin simpla comparaţie a variaţiilor de culoare, strălucire sau contrast (vezi şi capitolul 11).

Indiferent de cât de performante sunt instrumentele electronice de măsurare a amplitudinii articulare, se apreciază că acestea nu pot înlocui experienţa specialistului. Numai un kinetoterapeut experimentat poate aprecia dacă mişcarea se execută cu amplitudine completă, dacă şi la ce valoare a unghiului articular apare durerea, aspecte pe care aparatura nu le poate surprinde.

În acest context, ideală este asocierea evaluărilor clasice cu măsurători electronice moderne, dublate de comunicarea verbală cu subiectul. Aceasta este soluţia unor măsurători şi interpretări sigure şi complete.

9.4. Modificări ale mobilităţii articulare

Amplitudinile de mişcare pot suferi următoarele modificări: limitare, exces sau pierdere.

a) Limitarea (deficitul) mobilităţii articulare are un caracter reversibil şi este consecinţa organizării fibroase a ţesuturilor intra- şi extraarticulare (organizarea apare din cauza neutilizării prelungite a articulaţiei respective).

Limitarea se numeşte ***redoare*** şi apare în caz de:

- durere (spontană sau provocată prin palpare sau mobilizare);
- contractură musculară;
- edeme;
- hidartroză;
- tensiuni sau aderenţe capsulo-ligamentare;
- retracţii aponevrotice;
- cicatrici retractile;
- rupturi sau calcifieri musculo-tendinoase;
- fisuri cartilaginoase;
- leziuni osoase proliferative (osteofite);
- corpi străini intraarticulari etc.

Limitarea mobilităţii articulare se produce şi la sportivii tineri (halterofili, atleţi – probele de aruncări) datorită dezvoltării importante a maselor musculare cu inserţii puternice pe articulatiile asupra cărora acţionează.

Analiza pe sexe a valorilor amplitudinii articulare evidenţiază valori mai mari la femei. Amplitudinea articulară scade odată cu înaintarea în vârstă.

În cazul articulaţiilor dureroase, în repaus sau la mobilizare, măsurătorile sunt dificile, iar metoda de măsurare se numeşte ***algometrie***.

J. Bornes & P. Van Roz (1996) descriu 6 stări de durere asociată mişcării:

- durere la repaus, înainte de mobilizare;
- durere provocată de iniţierea mobilizării active;
- durere provocată pe parcursul mobilizării active;
- durerea dispare după mobilizarea activă;
- durere provocată de mobilizarea pasivă;
- durerea se menţine după mobilizarea pasivă.

Limitările amplitudinilor articulare se pot produce în unul sau ambele sensuri de mişcare ale planului respectiv: sagital pentru flexie-extensie, frontal pentru abducţie-adducţie, transversal pentru rotaţie internă - rotaţie externă.

Spasticitatea, interesările musculare sau tendinoase limitează amplitudinea articulară într-un sens de mişcare. Astfel, o redoare în flexie va împiedica atingerea extensiei maxime, evidenţiind un deficit în extensie.

Artropatia reumatismală (patologia condrală) limitează amplitudinea articulară în ambele sensuri de mişcare (flexie şi extensie etc.).

b) Excesul de mobilitate articulară se înregistrează în caz de: laxitate articulară, hipotonie musculară, rupturi musculare, elongaţii ale tendoanelor.

Prezenţa laxităţii articulare la sportivi contraindică practicarea sporturilor sau probelor de forţă.

c) Pierderea totală, ireversibilă a oricărei mişcări la nivelul unei articulaţii se numeşte anchiloză. Această definiţie nu corespunde, din punct de vedere mecanic, realităţii anatomice decât în fuziune osoasă, când se creează punţi osoase între segmentele articulare.

Tabelul 9.2 – Valorile sectoarelor de mobilitate ale mişcărilor articulaţiilor membrelor superioare

Articulaţia	Mişcarea	Sector de mobilitate (exprimat în grade)	Coeficient
Umăr	Flexie	0 - 90 90 - 130 130 - 170	0,4 0,2 0,1
	Abducţie	0 - 45 45 - 90 90 -180	0,3 0,2 0,1
	Rot. internă Rot. externă Extensie	Indiferent de Sector	0,1
Cot	Flexie	0 - 20 20 - 80 80 - 100 >100	0,4 0,6 0,9 0,4
Antebraţ	Supinaţie	0 - 30 30 -90	0,4 0,2
	Pronaţie	0 - 30 30 - 60 60 - 90	0,4 0,2 0,1
Pumn	Flexie	0 - 30 30 - 75 75	0,7 0,4 0,2
	Extensie	0 - 30 30 - 80 80	0,9 0,5 0,1
	Abducţie Adducţie	Indiferent de Sector	0,2

Tabelul 9.3 – Valorile sectoarelor de mobilitate ale mişcărilor articulaţiilor membrelor inferioare

Articulaţia	Mişcarea	Sector de mobilitate (exprimat în grade)	Coeficient
Şold	Flexie	0 - 45 45 - 90 90 - 150	0,6 0,4 0,1
	Abducţie	0 - 15 15 - 30 30 - 60	0,6 0,4 0,2
	Rot.Externă	0 - 30 30 - 80	0,3 0,1
	Adducţie Extensie Rot.Internă	Indiferent de Sector	0,2
Genunchi	Flexie	0 - 45 45 - 90 90 - 160	0,9 0,7 0,4
Gleznă	Flexie	0 - 20 20 - 40	2 0,5
	Extensie	0 - 20 20 - 70	2 0,2

9.5 Calcularea coeficientului global funcţional de mobilitate

Ideal este ca mişcările să se execute în amplitudinea lor maximă. În activitatea cotidiană însă, rareori solicitarea articulară se realizează la aceşti parametrii. De aceea, este necesară definirea unor termeni ca:

– poziţie de funcţiune (utilitate);
– sector util;
– coeficient global funcţional de mobilitate.

Poziţia de funcţiune reprezintă poziţia de maximă utilitate a articulaţiilor, care asigură individului independenţă funcţională. De aceea, poziţia de funcţiune trebuie conservată în caz de imobilizare articulară, mai ales când durata acesteia este prelungită şi riscul instalării unor anchiloze secundare creşte semnificativ.

Dacă reducerea amplitudinii articulare cu 15-20° spre sfârşitul cursei de mişcare nu are un efect funcţional important, scăderea cu aceeaşi valoare de o parte şi de alta a poziţiei de funcţiune, poate transforma individul într-un dizabilitat motor, cu imposibilitate de autoîngrijire, autoservire sau deplasare (dizabilităţile sunt etichetate în prezent ca perturbări ale acţiunii persoanei).

Valoarea totală a acestor amplitudini (30-40°), care încadrează poziţia de funcţiune, constituie **sectorul util de mobilitate**.

Poziţiile de funcţiune pentru articulaţii sunt:

- umăr: flexie 45°, abducţie 60°, rotaţie 0°;
- cot: flexie 90-100°, cu mâna în semipronaţie;
- pumn: extensie 30-35°, abducţie 15°, semipronaţie 30-45°;
- şold: flexie 15°, abducţie 5°;
- genunchi: anatomică zero (0);
- gleznă: picior la 90° sau în uşoară extensie.

Pentru membrul inferior se descriu şi poziţii de repaus, care reprezintă poziţii de maximă relaxare articulară:

- şold: flexie, abducţie şi rotaţie externă câte 30°;
- genunchi: flexie 30-40°;
- picior: extensie 15-20°.

Coeficientul global funcţional de mobilitate, stabilit de Ch. Rocher, este utilizat în mod curent în măsurarea şi evaluarea amplitudinii articulare. Algoritmul de calcul presupune:

- descompunerea fiecărei mişcări posibile în articulaţia respectivă în mai multe ***sectoare***; fiecărui sector îi corespunde un coeficient standard (tabelele 9.2 şi 9.3);
- efectuarea ***produsului*** între primul sector de mobilitate pentru mişcarea respectivă şi coeficientul standard pentru acel sector (se exprimă în procente);
- efectuarea ***diferenţei*** între valoarea maximă şi minimă a sectorului următor de mobilitate;
- calcularea ***produsului*** dintre valoarea obţinută şi coeficientul standard pentru acest sector de mobilitate;
- repetarea operaţiunilor şi pentru următoarele sectoare de mobilitate, atunci când mişcarea este descompusă în trei sau patru sectoare (de exemplu flexia cotului, pumnului etc.);
- calcularea ***sumei*** produselor tuturor sectoarelor de mobilitate pentru mişcarea respectivă, sumă care reprezintă ***coeficientul funcţional elementar***;
- repetarea operaţiunilor amintite, pentru fiecare mişcare posibilă în articulaţia respectivă, finalizată cu obţinerea tuturor coeficienţilor funcţionali elementari;
- calcularea ***sumei*** tuturor coeficienţilor funcţionali elementari, sumă care reprezintă ***coeficientul global funcţional*** şi are, pentru articulaţiile cu mobilitate normală, valoarea de 100% .

Exemplificăm cu articulaţia gleznei, în care se efectuează mişcările de flexie-extensie. Aşa cum se observă în tabelul 9.2, flexia are amplitudinea de 40°, şi se descompune în două sectoare de mobilitate: de la 0°-20° şi de la 20°-40°.

Pe primul sector de mobilitate 0-20°, coeficientul este 2.

Se efectuează produsul: 20 x 2 = 40%.

Pe sectorul doi de mobilitate 20-40°, coeficientul este 0,5.

Se efectuează mai întâi diferenţa: 40-20 = 20°, apoi produsul: 20 x 0,5 = 10%.

Se calculează suma sectoarelor de mobilitate: 40% + 10% = 50%, care reprezintă ***coeficientul funcţional elementar al mişcării de flexie***.

Se procedează la fel cu extensia, a cărei amplitudine maximă este 70°.

Se descompune tot în două sectoare de mobilitate: de la 0-20° şi de la 20-70°.

Pe primul sector de mobilitate 0-20°, coeficientul este 2.

Se calculează produsul 20 x 2 = 40% .

Pe sectorul doi de mobilitate 20-70°, coeficientul este 0,2.

Se efectuează mai întâi diferenţa: 70 - 20 = 50°, apoi produsul: 50 x 0,2 = 10%.

Se calculează suma sectoarelor de mobilitate: 40% + 10% = 50%, care reprezintă ***coeficientul funcţional elementar al mişcării de extexie***.

În final, se efectuează suma coeficienţilor funcţionali elementari ai celor două mişcări posibile în articulaţia gleznei:

50% pentru flexie + 50% pentru extensie = 100%, care reprezintă ***coeficientul global funcţional de mobilitate*** pentru articulaţia luată ca exemplu.

Aplicaţiile măsurării şi evaluării amplitudinii articulare sunt numeroase, dintre care amintim în:

• *Medicină*, pentru:

- stabilirea diagnosticului funcţional privind unghiul de mobilitate articulară şi estimarea efectelor terapiei medicale sau chirurgicale;
- estimarea durerii;
- evaluarea periodică şi estimarea capacităţii funcţionale pentru realizarea mersului sau altor gesturi cotidiene sau sportive;
- stabilirea gradului de handicap în vederea reintegrării sociale a persoanelor cu cerinţe educaţionale speciale.

• *Sport*:

- asigură execuţia optimă a tehnicilor specifice diferitelor ramuri sportive prin existenţa unei amplitudini maxime a mişcării;
- permite evaluarea progresului condiţiei fizice sau identificarea cauzelor responsabile de scăderea performanţelor (antrenamente sportive incorect dirijate sau existenţa unor posibile afecţiuni musculo-scheletale).

• *Ergonomie:* furnizează informaţii utile în scopul ameliorării spaţiului de muncă.

Capitolul 10

MUSCULATURA SCHELETICĂ ÎN CONDIȚII DINAMICE

10.1. TIPURI DE FIBRE MUSCULARE

10.2. TIPURI DE CONTRACȚII MUSCULARE

10.3. FORȚA MUSCULARĂ

10.4. TONUSUL MUSCULAR

Mişcarea umană este rezultatul interacţiunii dintre factorii de mediu şi sistemele nervos, muscular şi osos.

Muşchiul scheletic este format dintr-un important număr de fibre musculare striate. Inervaţia motorie este asigurată de motoneuroni alfa (α_1 fazici mari şi α_2 tonici mici). Motoneuronul, împreună cu fibrele musculare pe care le inervează, constituie o unitate motorie.

Numărul fibrelor musculare dintr-o unitate motorie variază de la 3 la peste 2000. Aceasta asigură funcţia muşchiului respectiv. Cu cât muşchiul execută mişcări mai fine, de precizie, cu atât rata de inervaţie scade (numărul de fibre musculare inervate de un motoneuron este mai mic). Astfel, pentru muşchiul drept extern (situat la nivelul globului ocular), unui motoneuron îi corespund între 3 şi 6 fibre musculare, în timp ce repartiţia pentru muşchiul croitor este de 1 la 366 de fibre.

În funcţie de tipul fibrei musculare (lente – tip I sau rapide – tip II) care participă la formarea unităţii motorii, se deosebesc unităţi motorii lente şi rapide.

Contracţia musculară este consecinţa contracţiei totale sau parţiale a fibrelor musculare. Într-o contracţie, muşchiul nu utilizează 100% dintre fibrele musculare: în timp ce unele se contractă, altele se relaxează. Acest asincronism economiseşte energie şi întârzie apariţia oboselii.

10.1. Tipuri de fibre musculare

Mişcările segmentelor corpului se efectuează în spaţiu şi timp cu viteze diferite, în funcţie de necesităţile de adaptare ale organismului şi, desigur, în raport cu intenţiile subiectului. Rezolvarea dificultăţilor mişcărilor se realizează pe cale funcţională, prin intermediul contracţiilor celor două tipuri de fibre musculare:

- fibre de tip I, lente (slow twitch-ST), roşii, cu cel mai mic diametru şi caracteristici aerobe: bogate în mitocondrii şi mioglobină, rezistente la oboseală (tabelul 10.2) capabile să realizeze contracţii susţinute şi prelungite, de ordinul orelor. Producţia de ATP prin oxidarea glucidelor şi a lipidelor funcţionează eficient, de aceea sunt solicitate în menţinerea posturii corporale, susţinerea eforturilor sportive mai puţin intense şi de lungă durată (maraton, cursele de fond, canotaj, ciclism de şosea) şi în cea mai mare parte a activităţilor cotidiene, care necesită puţină energie (cum ar fi mersul) dar care se desfăşoară timp îndelungat. Se mai numesc şi fibre de anduranţă.
- fibre de tip II, rapide (fast twitch-FT), IIa (fast resistant-FR), IIb (fast fatigable-FF) şi IIc (nediferenţiate).

Fibrele IIa sunt fibre roşii, oxidative rapide, cel mai frecvent recrutate, care dezvoltă mai multă viteză, forţă şi detentă, comparativ cu cele de tip I, dar au o anduranţă mai redusă (Wilmore & Costill, 2006). Alţi autori le consideră fibre intermediare, deoarece au caracteristici între fibrele IIb şi fibrele I, şi le denumesc glicolitice lente (J-L., Ader et al., 2006). Sunt specializate în contracţii maxime, rapide, dar şi în efort aerob, fiind

răspunzătoare de efortul de sprint prelungit şi utilizate preferenţial în atletism, probele de 1500 m şi în nataţie, proba de 400 m.

Tabelul 10.1 – Caracteristicile tipurilor de fibre musculare scheletice (după B. Schepens, 2009)

Tip de fibre musculare/ Caracteristici	Fibre oxidative lente I	Fibre oxidative rapide IIa	Fibre glicolitice rapide IIb
Principala sursă de producere a ATP	fosforilare oxidativă	fosforilare oxidativă	glicoliză
Mitocondrii	multe	multe	puţine
Capilare	multe	multe	puţine
Conţinut în mioglobină	crescut (m.roşii)	crescut (m.roşii)	scăzut (m.albi)
Activitatea enzimelor glicolitice	slabă	medie	ridicată
Conţinut în glicogen	scăzut	mediu	crescut
Viteza de instalare a oboselii (rezistenţă)	lentă	medie	rapidă
Activitatea ATP-azică a miozinei	slabă	ridicată	ridicată
Viteza de contracţie	lentă	rapidă	rapidă
Diametrul fibrelor	mic	mediu	mare
Dimensiunile unităţii motorii	mici	medii	mari
Dimensiunile motoneuronilor care inervează fibrele	mici	medii	mari

Fibrele de tip IIb au caracteristici anaerobe: sunt albe, sărace în mitocondrii şi mioglobină, au o viteză mare de depolarizare şi obosesc rapid, consumând ATP-ul produs pe cale glicolitică. Sunt considerate tipul pur (forma tip) de fibre II; se mai numesc fibre glicolitice rapide (J-L., Ader et al, 2006) şi pot genera cele mai puternice contracţii, fiind răspunzătoare de eforturile explozive, de scurtă durată (100 m plat, sărituri, înot 50 m liber), aruncarea unei mingi, ridicarea de greutăţi sau de haltere, fazele de contraatac din jocuri, finish-ul din probele de anduranţă.

Până în săptămâna a 20-a de viaţă intrauterină, fibrele musculare sunt de tip IIc nediferenţiate şi au caracteristici de fibre glicolitice şi densitate mitocondrială intermediară între fibrele ST şi FT (a, b). Din săptămâna 20 de viaţă intrauterină, începe diferenţierea progresivă, încât la naştere numai 20% din fibre sunt de tip IIc, iar la vârsta de 1 an dispar, la adultul sedentare se găsesc rar (P. Crretelli,2002, tabelul 10.2).

Tabelul 10.2 – Distribuţia fibrelor musculare (%) pe baza ATP-azei miofibrilare în funcţie de vârstă

Fibre musculare	Vârstă			
	Naştere	1 an	6 ani	30 ani
Tip I	40	60	59	60
Tip II a	30	30	21	20
Tip IIb	10	10	20	20
Tip IIc	20	0	0	0

Costill (2006) susţine, de asemenea, determinismul genetic al numărului fibrelor din muşchi , fiecare muşchi fiind format din procente diferite de fibre I şi II; în medie, majoritatea muşchilor conţin 50% fibre I, 25% fibre IIa şi restul de 25% fibre IIb; afirmă însă că există şi fibre IIc într-un procent de doar 1-3%.

S-a constatat că procentul fibrelor lente tip I este mai mare în muşchii cotului, al celor de tip IIa în muşchii gambei şi a celor de tip IIb în muşchii braţelor.

Monod, H. et al (2007) afirmă că„procentele de fibre IIc cresc în timpul unor schimbări importante în orientarea antrenamentelor şi corespunde formelor de tranziţie a fibrelor de tip I către tipul IIa (antrenament aerob) sau invers, tipului IIa către tipul I (când antrenamentele se reduc sau se opresc)". S-a demonstrat că antrenamentul poate creşte potenţialul oxidativ al fiecărui tip de fibre.

În privinţa părerii autorilor potrivit cărora, în funcţie de tipul de antrenament, fibrele îşi modifică structura, tranformându-se dintr-un tip în altul, considerăm necesare o serie de date suplimentare pentru a accepta această afirmaţie.

La o suprafaţă de secţiune egală, un muşchi rapid (alb) este mai puternic decât un muşchi roşu (diametrul fibrelor rapide este de două ori mai mare decât al celor lente). Muşchii albi sunt solicitaţi în mişcările fazice, iar cei roşii în menţinerea poziţiilor corpului. Într-o mişcare, fibrele lente sunt totdeauna solicitate primele. Fibrele rapide intervin pentru scurte perioade, doar în eforturile intense (viteză, detentă).

În eforturi de anduranţă, la atleţi de înaltă performanţă s-a depistat în probele de fond un procent crescut de fibre ST în muşchii gemeni (79% la bărbaţi şi 57% la femei); la maratonişti campioni mondiali, conţinutul în fibre ST ajunge la 93-99%.

Fibrele rapide FT reprezintă peste 50% la atleţi în probele de sărituri, 75% la sprinteri şi chiar 95% la cei care aleargă pe distanţa de 60 m. La sprinteri, a căror solicitare excelează prin viteză şi forţă, muşchii gemeni conţin procente scăzute de fibre ST (24% la bărbaţi şi 27% la femei).

În general, viteza şi viteza în regim de rezistenţă solicită fibrele rapide, anduranţa pe cele lente, iar forţa pe amândouă.

Performanţa sportivă în efortul de forţă, viteză, rezistenţă sau anduranţă nu este consecinţa exclusivă a tipului de fibre conţinute în muşchi, ci la fel de importante sunt procesele de adaptare cardiovasculară şi dimensiunile muşchilor.

Toate mişcările, fie că sunt simple deplasări ale segmentelor, fie că se execută împotriva unei rezistenţe necesită forţă, (generată de muşchi), coordonare, precizie etc.

Ritmul de execuţie al mişcărilor este foarte diferit, chiar în cazul indivizilor cu aceeaşi înălţime şi forţă musculară aparentă. Acest lucru nu ne surprinde, pentru că activitatea ritmică este o proprietate fundamentală a materiei vii, iar principala cauză a oboselii este tocmai nerespectarea ritmului biologic de execuţie a mişcărilor. Afirmaţia este susţinută prin înregistrarea amplitudinilor şi a ritmului de mişcare, efectuate într-un timp dat de un muşchi sau grup muscular, cu ajutorul unui aparat numit ergograf. Curbele ergografice (ergograma) au aspecte specifice fiecărui individ, faptul pentru care se consideră că ele sunt la fel de particulare ca şi amprentele digitale. De aceea, repartiţia timpilor de lucru şi repaus într-un program de antrenament medical sau sportiv va fi individualizată. Iată, deci, că diferenţele dintre indivizi în privinţa activităţii mecanice a muşchilor sunt mult mai subtile şi mai rafinate decât se credea.

10.2. Tipuri de contracţii musculare

Forţa musculară, ca o caracteristică mecanică a mişcării, este capacitatea muşchiului de a intra activ în tensiune (contracţie voluntară), în funcţie de intenţia subiectului. Lungimea unui muşchi în activitate este determinată atât de forţele interne, cât şi de forţe sau rezistenţe externe.

Forţele interne (F) sunt generate de muşchi şi transmise fizic, prin tendoane, sistemului osteoarticular.

Forţele externe acţionează asupra corpului şi sunt reprezentate de gravitaţie, forţe produse de contactul corpului cu mediul extern (aer, sol, echipament sportiv, adversar etc.) şi alte tipuri de forţe utilizate în recuperarea medicală sau în antrenamentul sportiv.

În general, forţele interne produc mişcări segmentare, iar cele externe se opun acestora.

În funcţie de conştientizarea intervenţiei forţelor externe asupra desfăşurării mişcărilor, deosebim:

- forţe care acţionează independent de voinţa noastră, insesizabile (de exemplu: gravitaţia, forţele de frecare etc.);
- forţe aplicate în mod voluntar, direct sau indirect pe muşchi (rezistenţe externe).

Gravitaţia este singura forţă care acţionează permanent asupra corpului, indiferent dacă acesta este în mişcare sau repaus. Când forţa muşchilor este capabilă să mobilizeze segmentele articulare împotriva sensului forţei gravitaţionale, nu sezizăm că aceasta ne-ar putea influenţa (frâna) mişcarea; când forţa musculară scade, căutăm să ajutăm mişcarea prin adoptarea unor poziţii gravitaţionale (vezi „Testarea musculară manuală a forţei ”).

Rezistenţele externe aplicate în mod voluntar sunt reprezentate de: rezistenţe reglabile prin aparatură electronică (covor rulant, bicicletă ergometrică), rezistenţa manuală opusă de kinetoterapeut, de subiect (autorezistenţă), gantere etc.

Interacţiunea dintre forţele interne (musculare) şi cele externe produce răspunsuri diferite, care se manifestă prin contracţii active dinamice şi statice.

Contracţiile musculare dinamice, numite şi contracţii **izotonice** sau **anizokinetice**, produc, prin variaţiile de lungime ale muşchilor (scurtare sau alungire), deplasarea segmentelor corpului; tensiunea musculară nu se modifică pe parcursul mişcării.

S-au descris 2 tipuri de contracţii musculare dinamice:

a) *contracţiile concentrice*, care se realizează când forţa internă dezvoltată de muşchi este superioară forţei sau rezistenţei externe (F > R); forţa musculară poate mobiliza segmentele osoase pe care se inserează tendoanele, muşchii agonişti se scurtează, îşi apropie punctele de origine şi inserţie, semn că depun un efort de învingere; activitatea lor are ca finalitate efectuarea unui gest motric, de aceea este mare consumatoare de oxigen şi fosfagene (ATP şi CP).

b) *contracţiile excentrice*, care se produc când forţa internă este inferioară forţei sau rezistenţei externe (F < R); muşchii agonişti se contractă maxim în alungire, punctele lor de origine şi inserţie se îndepărtează (produc mobilizare articulară în alungire) şi abia dacă opun rezistenţă activă pe măsură ce forţa externă îi întinde, semn că depun un efort de cedare; activitatea musculară este frenatoare, iar consumul de oxigen şi fosfagene este redus. Contracţiile excentrice sunt mai economice, comparativ cu cele concentrice (de exemplu, este mai puţin obositor să coborâm o scară decât să o urcăm).

Contracţia concentrică este denumită faza pozitivă a mişcării, iar contracţia excentrică faza negativă. Numeroase studii au demonstrat că, în timpul fazei negative, forţa este mai mare, ceea ce permite utilizarea unor rezistenţe mai mari decât în timpul mişcării concentrice.

Contracţia unui muşchi se produce prin recrutarea succesivă de unităţi motorii, proporţional cu intensitatea efortului.

Într-un efort concentric de intensitate submaximală, succesiunea recrutării fibrelor este următoarea: iniţial intră în acţiune fibrele de tip I (slow twitch), apoi fibrele de tip IIa (fast resistant) şi, în final, fibrele IIb (fast fatigable).

În cursul unui efort excentric, succesiunea recrutării fibrelor este inversă. Contracţia de tip excentric este de obicei utilizată pentru creşterea stabilităţii articulare („zăvorâre" articulară).

Când un muşchi care se găseşte în stare de tensiune este supus alungirii (faza excentrică), urmată imediat de contracţia lui cu scurtare (faza concentrică), se realizează ***contracţii pliometrice***; alternanţa acestor forme de contracţii este numită de fiziologi „the stretch-shortening cycle" şi este caracteristică mişcărilor fiziologice şi celor mai multe gesturi sportive. Important este ca timpul dintre faza excentrică şi faza concentrică, numit timp de cuplare, să fie cât mai scurt (50-100 ms), pentru a permite intervenţia fibrelor FT.

Explicaţia este următoarea: în timpul contracţiei, care urmează imediat întinderii musculare, muşchiul poate reutiliza (Bosco, 1992) o energie suplimentară provenită din componenta elastică (70%) şi din reflexul miotatic (30%).

G. Cometti (2006) susţine că, din punct de vedere fiziologic, contracţia pliometrică este o contracţie concentrică.

În ultimii ani, cercetătorii au evidenţiat un tip special de ***contracţii*** numite ***izokinetice***, care sunt tot contracţii musculare voluntare, dinamice, dar au particularitatea că se desfăşoară cu viteză constantă, iar forţa dezvoltată de muşchi rămâne constantă pe toată cursa de mişcare. O rezistenţă externă variabilă, care se opune mişcării efectuate, se adaptează permanent valorii forţei musculare dezvoltate, asigurând astfel menţinerea constantă a vitezei de mobilizare.

Acest tip de contracţii nu se produce în mod natural, menţinerea constantă a vitezei, respectiv a forţei musculare, este asigurată printr-un aparat numit dinamometru izokinetic. O mişcare naturală poate fi efectuată cu viteză constantă, numai că forţa musculară va fi variabilă, în funcţie de mărimea braţului pârghiei articulare.

Contracţiile musculare statice, numite **izometrice**, se realizează când forţa internă şi rezistenţa externă au valori egale (F = R), muşchiul este în contracţie maximă (prin activarea tuturor unităţilor lui motorii), dar nu se poate scurta, lungimea lui rămâne constantă (gr. *isos* = aceeaşi, *methros* = lungime), unghiurile articulare nu se modifică. Aceste contracţii sunt solicitate în menţinerea posturii corporale. În cea mai mare parte a sporturilor, tensiunea maximă statică este rară. Se poate produce în gimnastică (perioadele de echilibru, de menţinere a unei poziţii), haltere etc.

10.3. Forţa musculară

10.3.1. Generalităţi

Forţa musculară este una dintre cele mai importante capacităţi condiţionale care influenţează, în mare măsură, atât viteza de execuţie a mişcărilor, cât şi rezistenţa şi capacităţile coordinative.

Forţa organismului uman constă în capacitatea acestuia de a realiza eforturi de învingere, menţinere sau cedare în raport cu o rezistenţă externă sau internă prin contracţia unui muşchi sau grup muscular.

În timpul contracţiilor musculare, indiferent de tipul lor (statice sau dinamice), există momente de vârf, numite momente de forţă maximă, care apar în anumite unghiuri articulare, specifice fiecărei articulaţii, şi la anumite viteze de contracţie.

Forţa maximă statică reprezintă cea mai mare forţă pe care sistemul neuro-muscular o poate exercita printr-o contracţie voluntară, fără deplasarea segmentelor articulare (Fery, 1977 şi Weineck, 1986).

Forţa maximă dinamică este forţa cea mai mare pe care sistemul neuro-muscular o poate dezvolta printr-o contracţie voluntară pentru realizarea unei mişcări (Weineck, 1986).

Forţa maximă statică este totdeauna mai mare decât forţa maximă dinamică, deoarece forţa maximă nu poate fi realizată decât, dacă sarcina maximă şi forţa de contracţie sunt egale (Weineck, 1986).

Forţa maximă depinde de: suprafaţa secţiunii transversale a muşchiului, numărul fibrelor musculare, structura muşchiului, lungimea fibrelor musculare, unghiul articular, coordonarea intra şi intermusculară etc.

„Forţa pe care o produce un muşchi este maximă dacă în prealabil acesta a fost întins la o lungime care corespunde unei valori de 20% din lungimea de repaus" (Wilmore & Costill, 2006). Energia stocată în perioada întinderii se adaugă energiei care generează contracţia, o optimizează şi determină astfel producerea unei forţe maxime. Creşterea sau scăderea lungimii muşchiului cu peste 20% reduce forţa dezvoltată. Dacă întinderea muşchiului este dublă faţă de lungimea de repaus, forţa produsă este nulă.

Deosebit de importantă este valoarea unghiului articular. Pentru fiecare articulaţie există un unghi articular optim, corespunzător unei anumite lungimi a muşchiului, pentru care forţa transmisă la os este maximă. Acest unghi depinde de poziţiile relative ale inserţiilor tendinoase şi de valoarea rezistenţei (sarcinii). De exemplu, unghiul optim pentru bicepsul brahial, care permite ridicarea unei greutăţi de 50 de kg, este de 100°. Peste sau sub această valoare a flexiei cotului, forţa transmisă osului este mică (Wilmore & Costill 2000) fig. 10.1.



Fig. 10.1 – Unghiul optim pentru bicepsul brahial (100°)

Aceiaşi autori subliniază că forţa maximă dezvoltată în muşchi în timpul contracţiilor excentrice este cu 30% mai mare comparativ cu faza concentrică. Creşterea forţei excentrice are avantajul că încordarea musculară frenatoare necesită un consum energetic mai mic, la acelaşi randament cu efortul concentric.

Forţa maximă nu trebuie confundată cu forţa absolută. Aceasta reprezintă suma dintre forţa maximă şi rezerva de forţă. Omul dispune de rezerve de forţă pe care nu le poate mobiliza voluntar. Sistemul nervos central protejează integritatea fizică a individului limitând sincronizarea unui număr prea mare de unităţi motorii, exprimată în producerea de forţă.

Capacitatea de activare voluntară a unui număr cât mai mare de unităţi motorii (psiho-fiziologia intenţionalităţii actelor motrice) se exprimă prin diferenţa dintre forţa absolută şi forţa maximă. Această diferenţă, numită rezervă de forţă, variază între 10% la sportivi şi 30% la nesportivi (poate fi redusă prin antrenament).

În sporturi ca patinaj artistic sau probe de alergări este importantă forţa relativă, care reprezintă forţa maximă pe care o dezvoltă sportivul în raport cu greutatea corporală.

10.3.2. Factorii care condiţionează forţa musculară

Forţa musculară este influenţată de mai mulţi factori, constituiţi ca substructuri funcţionale:

a) Numărul, tipul unităţilor motorii şi dimensiunile muşchilor. Stresul reprezentat de efortul fizic determină creşterea secreţiei de adrenalină, urmată de activarea unui număr mai mare de unităţi motorii. Astfel, unităţile motorii FT produc mai multă forţă decât cele ST pentru că fiecare unitate motorie FT conţine mai multe fibre musculare comparativ cu cele ST. Din acelaşi motiv, muşchii mai voluminoşi produc mai multă forţă, comparativ cu muşchii mai mici. Totodată, muşchii mai mici, la care sincronizarea unităţilor motorii este mai bună, vor putea dezvolta o forţă mai mare în comparaţie cu muşchii voluminoşi, la care sincronizarea unităţilor motorii este mai scăzută.

b) Viteza, tipul de contracţie şi tipul de muşchi. Forţa muşchilor scade când muşchiul se scurtează rapid.

Atât în contracţiile concentrice, cât şi în cele excentrice, forţa musculară maximă scade pe măsură ce creşte viteza de contracţie.

Forţa musculară maximă este superioară în timpul mişcărilor excentrice executate rapid (cu 30-40% faţă de forţa maximă izometrică şi cu 10-15% faţă de cea concentrică). Diferenţele de tensiune musculară dezvoltată nu pot fi explicate printr-un grad diferit de recrutare a fibrelor; s-a evidenţiat prin EMG că acesta este identic, indiferent de tipul contracţiei. Cauza constă în solicitarea mai rapidă a fibrelor FT, ceea ce explică atât starea importantă de curbatură, cât şi riscul crescut de accidentare după eforturi excentrice executate rapid.

Muşchii monoarticulari au o viteză mare de scurtare, deci o forţă de contracţie mai mică decât muşchii biarticulari.

c) Compoziţia muşchiului (raportul sarcomere/sarcoplasmă). Hipertrofia sarcomerelor corespunde creşterii dimensiunilor fibrelor musculare şi determină, în consecinţă creşterea forţei musculare.

d) Factori energetici. Eficienţa contracţiei musculare depinde şi de factorii energetici. Metabolismul anaerob, produs în citoplasmă, are o eficienţă mai scăzută decât cel aerob, produs în mitocondrii.

e) Mărimea braţului pârghiei articulare. Cu cât braţul pârghiei articulare este mai lung, cu atât se va dezvolta o forţă mai mare.

f) Motivaţia poate creşte forţa musculară cu 10-20%. În cazul forţei musculare statice s-au înregistrat chiar creşteri cu 30-40% după exerciţii care au avut la bază o motivaţie puternică.

g) Vârsta. Este unanim acceptat că forţa musculară creşte până la vârsta de 20-30 de ani, după care scade progresiv, cu aproximativ 5-8% pe decadă. Declinul a fost atribuit modificărilor morfologice, biochimice şi neuro-funcţionale; la acestea se adaugă intervenţia tipului de activitate fizică şi a altor factori mecanici; modificările sunt reversibile prin antrenament (Reeves & colab., 2005). Unii cercetători consideră că scăderea

forţei odată cu înaintarea în vârstă este consecinţa scăderii capacităţii de recrutare a unităţilor motorii, iar alţii susţin că acest fenomen fiziologic este datorat scăderii dimensiunilor sau a numărului de fibre musculare (mai ales a celor de tip II). Aceasta explică atrofia musculară progresivă.

Modificările biochimice la subiecţii vârstnici, descrise de Aoyagi & Shephard, evidenţiază o tendinţă de creştere a enzimelor sistemului oxidativ (vezi „Capacitatea de efort") şi o scădere a enzimelor sistemului glicolitic, probabil în raport cu modificările raportului între fibrele I şi II din muşchi, atribuite până la această vârstă diferenţelor de activitate fizică şi tipului de solicitare. Modificările în repartiţia fibrelor constau în scăderea importantă a fibrelor II la nivelul membrelor inferioare (cvadriceps, triceps sural), comparativ cu membrele superioare. Simonson a constatat că, între 26 şi 71 de ani, forţa musculară maximă voluntară scade cu 40% pentru tricepsul sural şi numai cu 20% pentru bicepsul brahial.

Danneskiold - Samsoe subliniază că forţa de prehensiune este mai puţin afectată de vârstă. Aşadar, vârsta nu influenţează identic musculatura membrelor.

h) Dimorfismul sexual constituie un factor cert de variaţie a forţei musculare, în raport şi cu vârsta. Astfel, la aceeaşi vârstă şi activitate, forţa musculară maximă este cu aproximativ 30-80% mai mare la bărbaţi decât la femei. Pe segmente, în medie, forţa este mai mică la femei cu cca 50% în jumătatea superioară a corpului şi cu cca 30% în jumătatea inferioară, comparativ cu cea a bărbaţilor.

Cauley & Philips au evidenţiat că forţa musculară scade mult în perioada de premenopauză, nivelul fiind echivalent cu cel al bărbaţilor de peste 70 de ani. Scăderea în această perioadă a fost în relaţie cu scăderea densităţii osoase. Declinul după menopauză a fost atribuit de Morse et al. (2005) scăderii hormonilor corticoizi.

Parametrii antropometrici pe baza cărora se poate aprecia performanţa musculară pe sexe sunt: masa corporală (body mass), masa musculară şi secţiunea transversală a muşchiului. Masa musculară este direct proporţională cu forţa dinamică.

i) Nivelul de activitate fizică constituie un factor important în dezvoltarea forţei, indiferent de vârstă. S-a evidenţiat relaţia dintre nivelul de activitate fizică şi forţă prin diverşi indicatori (de exemplu: VO_2 max – vezi „Capacitatea de efort"). Numeroase studii insistă asupra posibilităţilor de dezvoltare a forţei musculare, chiar a celei maxime voluntare, a rezistenţei sau a vitezei de contracţie prin programe de exerciţii adaptate vârstei (Calmels, P. 1995; Moses at all, 2007 şi 2009).

10.3.3. Măsurarea şi evaluarea forţei musculare

Testele de măsurare a forţei apreciază capacitatea individului de a crea tensiune voluntară maximă, indiferent de condiţiile specifice în care aceasta este produsă: contracţie izometrică (statică) sau izotonică, mişcare rapidă sau lentă, contracţie care scurtează (concentrică) sau alungeşte muşchiul (excentrică).

Evaluarea forţei musculare este un demers esenţial pentru monitorizarea evoluţiei

sub tratament a patologiilor care o afectează în mod direct sau indirect, indiferent dacă subiectul este sportiv sau nesportiv.

Forţa musculară maximă depinde de tipul testului utilizat, precum şi de segmentul examinat. Această observaţie îi aparţine lui Morrow şi Hosler (1981) şi a fost confirmată ulterior de Kanehisa at al. (1994 şi 1996).

Factorii care influenţează veridicitatea şi validitatea testelor de evaluare a forţei musculare sunt:

- plasarea subiectului într-o poziţie stabilă, reproductibilă între testări, în cazul repetării acestora;
  - Schmier (1945) şi Beasley (1956) au subliniat că forţa reală a unui muşchi nu poate fi evaluată decât dacă originea sa este suficient de stabilă pentru a-i permite să se contracte maxim contra inserţiei sale. Instabilitatea corpului produce subestimarea sau supraestimarea forţei reale prin:
  - limitarea forţei pe care muşchii trunchiului şi proximali ai membrelor o pot folosi pentru a mobiliza segmentele periferice (forţa reală este subestimată);
  - substituirea muşchilor mai slabi de către muşchii mai puternici sau acţiunea sinergică a acestora (forţa reală este supraestimată).
- variaţiile de viteză la testele dinamice;
- forţa de gravitaţie;
- gradul de familiaritate a subiectului cu forma de testare;
- forţele de inerţie exercitate în timpul testelor dinamice;
- etalonarea dinamometrului;
- factori ambientali (zgomot, temperatură);
- starea psiho-fizică a subiectului în momentul testării.

Evaluarea forţei musculare se realizează prin metode obiective şi subiective, clasice şi moderne.

10.3.3.1. Testarea forţei musculare prin metode clasice

1. Perimetria apreciază forţa prin măsurarea circumferinţelor diferitelor segmente. Perimetria se efectuează cu banda metrică, iar valorile se exprimă în cm. Modul de măsurare al diverselor perimetre a fost prezentat la capitolul 3, „Măsurători antropometrice". Interpretarea rezultatelor obţinute se face prin raportare la valorile medii absolute sau la cele ale segmentelor simetrice ale subiectului respectiv. Valorile absolute ale perimetrului braţului sunt de 35 cm la femeie şi 40 cm la bărbat, iar ale perimetrului coapsei ating valoarea de 60 cm; se interpretează diferenţa contracţie-relaxare, care trebuie să fie cât mai mare.

Estimarea câştigului de forţă prin perimetrie este grosieră din următoarele considerente:

- în circumferinţa măsurată se exprimă atât volumul muşchilor agonişti, cât şi al celor antagonişti; dezvoltarea importantă a unui grup poate masca hipotrofia celuilalt, aspect care nu se reflectă în valorile măsurătorii;
- relaţia dintre volumul muşchiului şi forţă nu este totdeauna liniară (creşterea volu-

mului nu este direct proporţională cu creşterea forţei musculare);
- grosimea stratului adipos poate oferi rezultate false;
- sunt muşchi ce nu pot fi evaluaţi prin perimetrie, de exemplu muşchii umărului.

2. Testarea musculară manuală (denumită şi bilanţ muscular) reprezintă forma clasică de evaluare a forţei musculare. Aceasta este o metodă subiectivă, dependentă de experienţa kinetoterapeutului. Testarea manuală era folosită pentru evaluarea prezenţei şi a întinderii disfuncţiilor musculare la pacienţii cu boli neurologice sau traumatisme majore la nivelul coloanei vertebrale şi al membrelor.

Cu toate că este mult contestată, rămâne cea mai utilizată metodă de evaluare a forţei musculare, aplicabilă în special persoanelor sedentare, pentru că scala de evaluare impune, de la o anumită valoare a forţei, efectuarea mişcării împotriva rezistenţei manuale opusă de kinetoterapeut. Este iluzoriu să credem că un kinetoterapeut poate opune o rezistenţă reală unei mişcări efectuate de un sportiv de înaltă performanţă.

În funcţie de mărimea maselor musculare testate, evaluarea este:

- globală – când explorează grupe musculare cu acţiuni principale comune;
- analitică – atunci când prin poziţii şi manevre specifice este evidenţiată acţiunea izolată a unui muşchi sau cel mult a unui grup limitat, în condiţiile în care, din considerente anatomo-funcţionale, individualizarea este imposibilă.

Tehnica bilanţului muscular a fost revoluţionată de Ch. Rocher. El a folosit trei teste, A, B, C, pe o scală de evaluare cu 11 trepte. Tehnica se bazează pe utilizarea gravitaţiei ca factor facilitator sau rezistiv, la care se adaugă şi alte rezistenţe externe.

Lovett şi Martin au creat o tehnică de bilanţ articular, care utilizează aceiaşi factori facilitatori şi rezistivi. Aceasta a fost propusă iniţial pentru monitorizarea funcţiei musculare a pacienţilor poliomielitici pe o scală de evaluare cu 6 trepte (cotaţia 0-5).

În serviciile de recuperare medicală se utilizează în prezent, un sistem de cotare sinonim cu cel propus iniţial de Lovett şi Martin, pe următoarea scală:

f_0 (zero): muşchiul nu realizează nicio contracţie evidentă;

f_1 (schiţată): este sesizată contracţia muşchiului prin palparea lui sau a tendonului; se poate aprecia numai pentru muşchii superficiali; pentru muşchii profunzi nu se observă diferenţă între f_1 şi f_0;

f_2 (mediocră): muşchiul poate mobiliza segmentul în amplitudine completă numai cu eliminarea gravitaţiei; pentru aceasta se folosesc planuri de alunecare (plăci de plastic sau lemn pudrat cu talc), se susţine segmentul de către kinetoterapeut sau se utilizează suspensiile;

f_3 (acceptabilă): muşchiul este capabil să mobilizeze segmentul în amplitudine completă împotriva gravitaţiei, fără alte mijloace rezistive;

f_4 (bună): muşchiul poate mobiliza segmentul în amplitudine completă , împotriva unei rezistenţe cu valoare medie;

f_5 (normală): muşchiul este capabil să mobilizeze segmentul pe toată amplitudinea de mişcare, împotriva unei rezistenţe maxime, aplicate pe segmentul de mobilizat, cât mai distal.

Cercetătorii americani Smith, Iddings, Spencer şi Harrington au adăugat cifrei care reprezintă valoarea forţei musculare semnele (+) sau (–). Astfel, forţa 2 (+) este mai mare decât 2, dar evident mai mică decât 3 (–).

În mod curent, aprecierea forţei cu valoare zero, 1 şi 2 se efectuează din poziţii de descărcare (fără gravitaţie, F.G), din care mişcarea se execută într-un plan paralel cu solul.

Pentru aprecierea forţei cu valoare 3, 4 sau 5 se folosesc poziţii în care mişcarea se execută într-un plan perpendicular pe sol şi în sens invers forţei gravitaţionale, care acţionează ca factor rezistiv (poziţii antigravitaţionale A.G).

Se consideră că forţa mediocră (f_2), acceptabilă (f_3) şi bună (f_4) reprezintă echivalentul a 25,50, respectiv 75% din forţa normală.

10.3.3.2. Testarea forţei musculare dinamice

Cerinţele privind precizia măsurătorilor sunt impuse de necesitatea unui diagnostic corect, bazat pe măsurări obiective în scopul evaluării performanţelor musculare şi efectuarea unui prognostic cât mai exact.

Testarea forţei musculare izotonice prin determinarea capacităţii de a ridica greutăţi libere sau cuplate în diverse mecanisme se realizează prin teste dinamice de efort maximal şi submaximal. Se recomandă efectuarea ridicărilor pe verticală pentru a avea constanta reprezentată de direcţia forţei gravitaţionale.

1. Testarea dinamică a efortului maximal constă în încărcarea segmentului mobilizat (mai exact a capătului distal) cu o greutate sau cu greutăţi cuprinse în mecanisme de ridicare, asemănătoare celor din sălile de fitness (rezistenţă sau rezistenţe maxime tolerabile), încât segmentul să poată executa mişcarea în amplitudine completă, într-o manieră standardizată, fără substituirea grupelor musculare şi fără decelerarea sau accelerarea greutăţilor, o singură dată sau de 10 ori.

În cazul muşchilor cu forţă cuprinsă între 3 şi 5, rezistenţa maximă poate fi mobilizată activ liber şi se notează cu R.M, iar în cazul muşchilor cu forţă 2, rezistenţa maximă poate fi mobilizată activ asistat şi se notează cu r.m.

Testarea se efectuează contra timp. Când greutatea sau greutăţile cuplate pot fi ridicate:

- de 10 ori consecutiv, în 10 secunde, fără repaus se notează cu 10 R.M. sau cu 10 r.m.;
- o singură dată, se notează cu 1 R.M. sau 1 r.m.

Limitarea la 10 repetiţii a fost propusă de De Lorme. De fapt, un test veridic presupune determinarea numărului maxim de repetări efectuat cu respectarea condiţiilor amintite anterior. Testările se realizează în mod repetat, cu pauze pentru refacerea rezervelor energetice, limitându-se astfel efectele oboselii musculare.

O singură ridicare pare să ofere date mai fidele privind valoarea forţei maxime (şi detectarea deficitului de forţă), comparativ cu testarea constând în maximum 10 repetiţii.

2. Testarea dinamică a efortului submaximal constă în aprecierea corectitudinii cu care se efectuează o mişcare în mod repetat. De fapt, în acest caz se măsoară *rezistenţa musculară*, aceasta fiind însă influenţată de forţa musculară maximă. Prin creşterea numărului de repetări se apreciază progresul înregistrat de la o etapă la alta, în ceea ce priveşte rezistenţa musculară.

Când direcţia mişcării nu mai este paralelă cu rezistenţa gravitaţională, valoarea încărcăturii aplicate muşchilor scade, iar testele de ridicare non-verticală sunt denumite corect teste dinamice variabile cu greutăţi libere (Al. Sapega, 1990).

Testarea forţei sau a gradului de antrenare a acesteia prin rezistenţă dinamică variabilă se realizează cu:

- aparate de ridicare a greutăţilor;
- aparate cu rezistenţă hidraulică;
- dinamometre computerizate care programează modificări ale rezistenţelor, ale vitezei mişcării sau ambele.

Ridicarea de greutăţi cu rezistenţă dinamică variabilă este considerată de specialişti o metodă imprecisă în studierea performanţelor musculare, deoarece variaţiile subtile ale forţelor de inerţie sunt dificil de controlat. De asemenea, trebuie controlată sau măsurată viteza de mişcare.

3. Testarea dinamică specială implică ridicarea unor greutăţi din diferite poziţii. De pildă, se solicită subiectului ca din poziţia decubit dorsal (coatele sunt flectate) să împingă o bară (halteră) cu o greutate fixă (care solicită cel puţin 30% din forţa maximă). Se consideră o performanţă dacă subiectul este capabil să ridice bara, deoarece iniţierea mişcării prin învingerea rezistenţei este dificilă. Forţa musculară se modifică evident pe parcursul mişcării. Valoarea rezistenţei este fixă, iar exerciţiul reflectă performanţa muşchiului doar pe o mică secvenţă a cursei de mişcare (când se dezvoltă forţa maximă). Acest tip de exerciţiu izotonic va fi utilizat cu prudenţă în evaluarea medicală; unii specialişti îl consideră chiar periculos în faza de recuperare.

Mulţi cercetători susţin că testarea dinamică a muşchilor este cea mai indicată, deoarece le solicită acestora funcţia care se manifestă în mod curent în activităţile cotidiene sau sportive.

4. Testarea detentei se realizează prin probe care scot în evidenţă forţa în regim pliometric, mai precis forţa explozivă a membrelor inferioare şi superioare. Acestea constau în sărituri pe orizontală sau pe verticală, care solicită alternativ componenta elastică şi contractilă a muşchiului.

Testarea detentei necesită o forţă musculară bună, tehnică adecvată şi integritate articulară şi tendinoasă.

Cu cât unghiul de flexie este mai mic, cu atât creşte cantitatea de energie elastică eliberată. Când unghiul de flexie este mai mare de 90°, timpul de cuplare depăşeşte 150 ms, iar testul nu se mai desfăşoară în regim pliometric.

Bosco este precursorul cercetării pliometrice. El a pus la punct un covor numit „ergo jump", care permite efectuarea rapidă a testelor de detentă.

Cele mai multe acţiuni motrice curente sunt,în majoritatea timpului, pliometrice. Cu siguranţă, testele de pliometrie vor deveni obligatorii în monitorizarea stării de antrenament la sportivi.

10.3.3.3. Testarea forţei musculare statice

Evaluarea forţei izometrice se realizează uşor datorită preciziei diferitelor tipuri de dinamometre, care reflectă fidel modificările intrinseci ale muşchilor.

Dinamometria reprezintă metoda obiectivă de măsurare a forţei statice maxime de contracţie a unui grup muscular. Unitatea de măsură este kilogramul-forţă.

Prin dinamometrie se evaluează cu uşurinţă forţa muşchilor:

- flexori ai mâinii şi ai degetelor (fig. 10.2);
- regiunii scapulare;
- regiunii lombare (fig. 10.3).

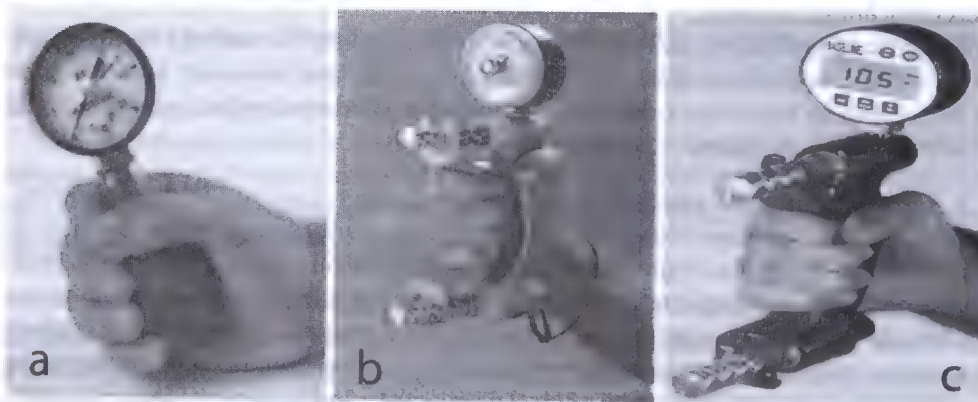


Fig. 10.2 – Tipuri de dinamometre pentru evaluarea forţei muşchilor flexori ai mâinii şi ai degetelor – a) pneumatic; b) prin tracţiune; c) digital

În funcţie de plasarea dinamometrelor faţă de corp şi de poziţia în care este folosit axul de tracţiune, se pot măsura şi alte grupe musculare.

Dinamometrele utilizate sunt acţionate prin compresie sau tracţiune, au dimensiuni, forme şi puteri diferite, sunt adecvate grupelor musculare testate şi, de aceea, pot fi plasate în cele mai convenabile poziţii de măsurare.



Fig. 10.3 – Dinamometru pentru testarea forţei lombare

Dinamometria oferă date concrete despre câştigul funcţional şi nu numai. Având în vedere că forţa maximă depinde, în mare măsură, de capacitatea de concentrare corticală, a excitaţiei şi de motivaţie, vom obţine în mod indirect informaţii şi despre aceste procese neuropsihice.

Când se constată scăderi ale forţei musculare, valorile maxime evaluate se referă la valorile ***maxime momentane.***

Rezultatele măsurătorilor sunt precise, deoarece stabilitatea corpului şi poziţionarea corectă a segmentului evaluat sunt mai uşor de controlat în lipsa mobilizării articulare.

În schimb, testarea trebuie realizată cu supravegherea atentă a unghiului articular, deoarece forţa variază mult în funcţie de mărimea acestuia. Determinările succesive se vor efectua în condiţii reproductibile (la acelaşi unghi articular) pentru a obţine rezultate comparabile.

Modificările unghiului articular se regăsesc în lungimea muşchilor (zona lungă, medie sau scurtă) şi pot favoriza sau defavoriza performanţa acestora în funcţie de relaţia lungime-tensiune şi de variaţia rezistenţei pasive a muşchilor antagonişti, pe măsură ce muşchii evaluaţi (agonişti) ating cea mai înaltă performanţă.

Se pot face determinări în puncte diferite ale arcului de mişcare, deci la diverse lungimi ale muşchiului, pentru a obţine o curbă a forţei comparabilă cu cea înregistrată la testarea dinamică pe sisteme computerizate.

Pentru a evalua corect câştigurile de forţă, considerate indicator al eficienţei antrenamentelor şi a tratamentului (după caz), dinamometria trebuie efectuată repetat, la intervale de timp convenabile, deoarece această calitate motrică se dezvoltă rapid prin lucru specific.

Rezultatele obţinute sunt interpretate prin raportare la valorile standard; când scăderile de forţă afectează segmente simetrice, interpretarea se face şi prin raportare la valorile înregistrate la nivelul membrului controlateral sănătos.

Mulţi cercetători evidenţiază o relaţie directă între scăderea forţei şi existenţa unor focare de infecţie, nedepistate prin mijloace de investigaţie medicală.

Valorificare

a) Prin dinamometrie se măsoară, de obicei:
- forţa muşchilor flexori ai mâinii drepte = F_1;
- forţa muşchilor flexori ai mâinii stângi = F_2;
- forţa muşchilor regiunii scapulare = F_3;
- forţa muşchilor regiunii lombare = F_4.

b) Se calculează, după o serie de formule, indici de forţă segmentară şi globală (IF) prin raportarea valorilor forţei, măsurate cu dinamometre, la greutatea corporală (G) sau la masa activă (MA) astfel:

Indici de forţă segmentară

- *Indicele de forţă a degetelor* după formula

$$[(F_1 + F_2)/2]G \times 100$$

Valoarea optimă a indicelui este 50% din greutatea corporală la femei şi 60-70% la bărbaţi.

- *Indicele de forţă scapulară*

$$(F_3/G) \times 100$$

Valoarea optimă a indicelui este 50% la femei şi 75% la bărbaţi.

• *Indicele de forţă lombară* după formula:

$$(F_4/G) \times 100$$

Valoarea indicelui este 120-150% faţă de greutatea corporală la femei şi 180-200% la bărbaţi.

Indici de forţă globală

• *Indicele raportat la greutatea corporală* după formula:

$$[(F_1 + F_2 + F_3 + F_4)/4]G$$

Valorile normale sunt de 0,7-1,0 (în sporturile de forţă sunt către 1, iar în celelalte sporturi indicele este subunitar).

• *Indicele raportat la masa activă* după formula:

$$[(F_1 + F_2 + F_3 + F_4)/4]MA$$

Valorile normale sunt egale sau mai mari de 1,0 (0,8-1,4); sporturile cu profil de forţă se apropie de limitele superioare.

Dinamometria are şi o serie de limite, deoarece implică eforturi statice, în timp ce majoritatea mişcărilor solicită eforturi de tip dinamic. La acestea se adaugă investigarea forţei în anumite unghiuri articulare, motiv pentru care este necesară testarea în mai multe poziţii pentru a concluziona asupra dinamicii forţei unui grup muscular.

10.3.4. Dinamometria izokinetică

Noile cerinţe medicale de documentare, evaluare şi recuperare prin metode tot mai performante au modificat standardele practicii de specialitate, impunând obiectivitate, fiabilitate, precizie şi surprinderea parametrilor cuantificaţi cât mai aproape de activităţile fiziologice. În acest context a apărut dinamometria izokinetică, devenită metoda favorită pentru evaluarea şi reeducarea forţei musculare, atât în cercetările clinice, cât şi în activităţile sportive.

În mod natural, dacă o mişcare se efectuează cu o viteză constantă, forţa dezvoltată pe parcursul cursei de mişcare variază în funcţie de braţul pârghiei articulare. Dinamometria izokinetică asigură desfăşurarea mişcării cu o viteză constantă, cu menţinerea constantă a forţei musculare pe parcursul întregii mişcări, aparatul opunând o rezistenţă variabilă, adaptată permanent (autoadaptabilă) forţei dezvoltate, astfel încât mişcarea să poată fi executată uniform, cu condiţia menţinerii direcţiei corecte de efectuare.

Dinamometrul izokinetic a fost conceput la cererea specialiştilor de la NASA, care au solicitat, în anul 1967, evaluarea atrofiei musculare a astronauţilor, produsă în timpul zborurilor spaţiale (efectuate în condiţii de imponderabilitate).

J. Perinne & Hislop au conturat principiile de funcţionare ale aparatului capabil să măsoare în timp real toate variabilele mişcării unei articulaţii. În anul 1970, Cybex s-a

asociat cu J. Perinne şi au construit primul dinamometru izokinetic operaţional. În acest moment, două societăţi americane îşi împart piaţa în privinţa furnizării dinamometrelor izokinetice: Cybex şi Biodex.

Aparatele se compun din 3 module:

- dinamometru;
- accesorii;
- sistem informatic.

Dinamometrul este prevăzut cu un braţ care poate fi astfel manevrat încât să solicite fiecare articulaţie în oricare plan anatomic.

Subiectul este fixat cu o centură pe scaunul aparatului. Segmentul de testat se fixează cu bandelete de o pârghie a aparatului, pentru ca poziţia şi direcţia (sensul) de mişcare să poată fi menţinute în timpul testării şi să se evite abaterea de la axele articulare şi ale dinamometrului. Se previne, astfel, apariţia mişcărilor inutile, denumite şi mişcări parazite.

Montajul tehnic al aparatului impune ca axa dinamometrului să corespundă cu axul articular al mişcării evaluate, astfel încât rezistenţa să fie totdeauna aplicată la acelaşi unghi articular. Datele obţinute sunt foarte apropiate de forţa reală.

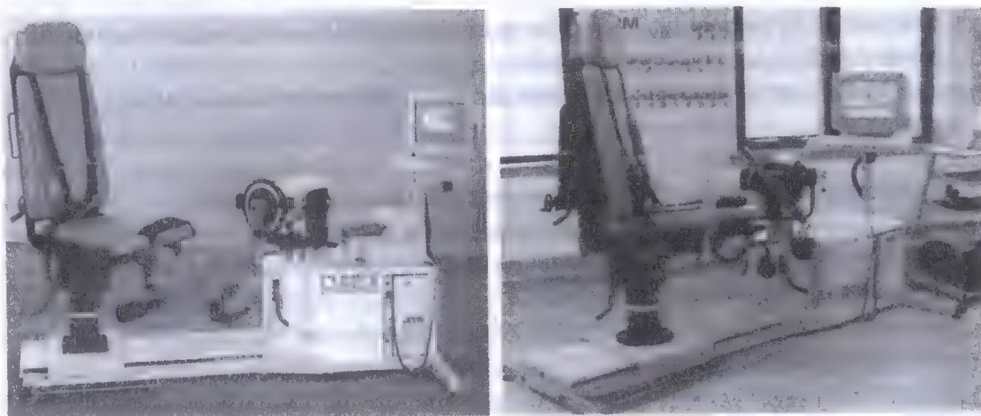


Fig. 10.4 – Dinamometre izokinetice

Aparatul induce mişcarea la amplitudinea şi viteza programată. O mişcare executată sub viteza selectată se execută fără ca subiectul să întâmpine o rezistenţă. Efortul devine semnificativ când se atinge viteza prestabilită. Rezistenţa opusă de aparat se adaptează permanent forţei dezvoltate, ceea ce permite menţinerea constantă a vitezei.

Dacă apar dureri sau fenomene de insuficienţă musculară, efortul depus de subiect scade, rezistenţa opusă de aparat scade şi ea pentru a permite menţinerea vitezei de lucru. În orice punct al cursei de mişcare se măsoară valoarea forţei musculare dezvoltate, care este înregistrată grafic.

Un aspect important îl constituie cunoaşterea momentului forţei maxime (se exprimă în Newton-metru, Nm), care desemnează vârful forţei musculare pe care îl dezvoltă

muşchiul în timpul mişcării. Pe baza forţei musculare maxime se măsoară unghiul eficienţei maxime.

Accesoriile asigură reproductibilitatea condiţiilor testării, în caz de repetare.

Sistemul informatic permite înregistrarea, stocarea şi prelucrarea datelor recoltate, oferind posibilitatea cuantificării obiective a capacităţii funcţionale musculare.

Aplicaţii:

Dinamometria izokinetică este utilizată în:

a) evaluarea musculară;

b) recuperarea medicală;

c) cercetare.

10.3.4.1. Evaluarea prin dinamometrie izokinetică

Metoda a revoluţionat evaluarea musculară, oferind cercetătorilor posibilitatea testării dinamice a muşchilor, la parametrii cei mai apropiaţi de limitele fiziologice ale mişcării şi la viteze similare celor din activităţile cotidiene sau din gestul sportiv specific. Ea permite măsurarea precisă şi obiectivă a performanţelor musculare, precum şi analiza următoarelor date:

- momentul forţei dezvoltate în orice punct al arcului de mişcare, la viteza de lucru prestabilită;
- unghiul eficienţei maxime a mişcării sau unghiul care trebuie evitat, în funcţie de simptome;
- numărul de repetiţii;
- puterea dezvoltată (produsul dintre viteza de contracţie şi forţă);
- raportul dintre agoniştii/antagoniştii mişcării şi evidenţierea unor eventuale dezechilibre musculare, indiferent de cauză (traumatică, reumatică, neurologică etc.);
- momentul instalării stării de oboseală;
- evaluarea simetriei de forţă dreapta-stânga la nivelul membrelor;
- măsurarea obiectivă a spasticităţii musculare.

Evaluarea izokinetică este mai precisă şi mai bine tolerată comparativ cu cea dinamică sau izometrică. Sistemul multiarticular Cybex Norm permite măsurarea performanţelor musculo-articulare ale umărului, cotului, antebraţului, pumnului, şoldului, genunchiului, gleznei, şi printr-un set suplimentar de accesorii, pe cele ale coloanei vertebrale în flexie/extensie în poziţia stând. Forţa musculară este testată în diverse tipuri de contracţii voluntare: rezistiv excentrice sau concentrice, izometrice şi libere (fără rezistenţă). Astfel, aspectul curbelor înregistrate evidenţiază că, în cursul unei contracţii concentrice, forţa musculară creşte progresiv, până în poziţia intermediară a cursei de mişcare, când se atinge momentul maxim, după care scade progresiv; forţa scade cu viteza mişcării. În timpul unei contracţii excentrice, forţa musculară creşte progresiv, până aproape de întinderea maximă, care coincide cu momentul forţei maxime, după care se produce o siderare reflexă, responsabilă de scăderea bruscă a forţei (se declanşează „claps knife reflex", descris de Patton, 1989); forţa creşte cu viteza de întindere, dar destul de re-

pede se stabilizează, descriind un platou. Evaluarea excentrică vizează practic rezistența musculo-tendinoasă şi ligamentară la întindere.

Potrivit „Association Interfederale de Sport Francophone", performanțele sportivilor sunt consecința unor solicitări specifice la o viteză de lucru de +/– 60°/secundă, la care forța maximă a cvadricepsului în contracţie concentrică este de 3 Nm/kg corp la fotbalişti, 3,5 Nm/kg corp la sprinteri şi de aproximativ 2,5 Nm/kg corp la adulţi nesportivi.

Alte studii au evidenţiat că forța izokinetică a extensorilor şi a flexorilor genunchiului este mai mare la handbalişti şi fotbalişti, comparativ cu voleibaliştii, şi este independentă de caracteristicile antropometrice.

În perioada prepubertară, atât la fete, cât şi la băieţi, performanţele privind forța izokinetică (chiar corectate prin greutatea corporală) sunt în mod surprinzător cu 10-20% mai mici.

Vitezele de testare sunt, în medie, de 30-60°/s. Numărul de repetiţii variază.

Viteza maximă de mobilizare a unui segment în contracție concentrică izokinetică este de 500°/s şi 300°/s în contracţie excentrică. Un genunchi este mobilizat la o viteză de 180°/s în timpul mersului şi poate ajunge la 1100°/s în timpul alergării. Analiza unui gest sportiv, caracterizat prin solicitare musculară excentrică intensă sau prelungită, susține rolul iatrogen al acesteia, constând în apariţia tendinopatiilor.

Bilanţul izokinetic la populaţia sportivă cu risc are rol profilactic, deoarece permite depistarea şi compensarea eventualelor perturbări musculare constatate, prevenind astfel apariţia traumatismalor musculare, articulare şi tendinoase. De asemenea, permite alegerea protocoalelor de lucru utilizate în dirijarea antrenamentului sportiv sau în programul de recuperare (ţintit pe creşterea forţei grupului muscular deficitar, depistat cu precizie).

Analiza raportului dintre forța muşchilor agonişti şi antagonişti, respectiv a muşchilor care delimitează mişcarea în sensuri opuse (de exemplu, muşchiul cvadriceps/muşchii ischio-gambieri), va stabili cu exactitate unghiul de mişcare la care se înregistrează dezechilibre între muşchii menţionaţi, înainte de apariţia durerilor, conferind metodei o valoare predictivă incontestabilă privind apariţia leziunilor musculare. În cazul segmentelor simetrice, prin analiza comparată a parametrilor evaluaţi, măsurătorile permit depistarea unor eventuale dezechilibre musculare, exprimate prin deficienţe de atitudine posturală. De asemenea, pot fi efectuate studii comparative privind fie recuperarea după diferite tehnici chirurgicale, aplicate pentru acelaşi tip de patologie, fie analiza şi încadrarea subiecţilor testaţi în raport cu populaţia de aceeaşi vârstă, după aplicarea unei corecţii pentru greutatea corporală.

Rezultatele evaluării trebuie interpretate şi în funcţie de sex; la sportivi se adaugă specificul disciplinei/probei sportive şi factorii de interacţiune cu solicitările şi necesităţile practicii sportive. Evaluarea izokinetică trebuie să devină un criteriu obligatoriu de reluare a activităţii sportive. În cazul unui deficit important al cvadricepsului, reluarea alergării este contraindicată deoarece favorizează apariţia recidivelor. Momentul revenirii sportivului la activitatea anterioară îmbolnăvirii va fi stabil în funcţie de rezultatele evaluării izokinetice şi de particularităţile sportului practicat.

Factori de variaţie a rezultatelor măsurătorilor:
- modelul aparatului utilizat;
- unghiul articular;
- experienţa examinatorului;
- condiţiile testării;
- retrocontrolul vizual;
- simptomatologie;
- viteza mişcării;
- vârsta subiectului (la persoanele vârstnice nu se pot utiliza testări la viteze mari).

10.3.4.2. Recuperarea medicală prin dinamometrie izokinetică

Evaluarea prin dinamometrie izokinetică permite organizarea programului de recuperare pe obiective:
- dezvoltarea forţei sau a anduranţei;
- dezvoltarea vitezei explozive pentru optimizarea puterii musculare sau, dimpotrivă, favorizarea activităţii în regim excentric pentru stabilizarea agoniştilor;
- creşterea amplitudinii articulare.

Recuperarea umărului instabil, a deficitelor musculare secundare unor intervenţii chirurgicale sau imobilizării prelungite în aparat gipsat, antrenamentul excentric al muşchilor spastici, reeducarea în plastiile ligamentare reprezintă aplicaţii ale dinamometriei izokinetice în recuperarea medicală.

În cazul sportivilor obligaţi din motive medicale să întrerupă activităţile de antrenament şi competiţionale, *sistemele izokinetice* permit efectuarea programului kinetic la parametrii individuali maximi posibili, asigurând astfel revenirea rapidă pe teren, prin câştiguri substanţiale ale forţei musculare şi ale amplitudinii articulare într-un timp foarte scurt. La începutul programului, câştigul de forţă este consecinţa creşterii sincronizării unităţilor motorii, ca urmare a ameliorării comenzii nervoase. În timp, creşte masa musculară şi diametrul fibrelor musculare.

Izokinetica excentrică este utilizată în recuperarea patologiilor locomotorii rebele la terapiile convenţionale, reduce durerile şi previne recidivele lezionale la sportivi, reechilibrează deficitele musculare post-traumatice.Mai multe studii au demonstrat că la sportivi, un antrenament bazat pe contracţii excentrice, în care alungirea muşchiului se produce împotriva unei rezistenţe, determină hipertrofie şi creşterea importantă a forţei musculare.Aceasta justifică utilizarea metodei izokinetice excen-trice de către sportivii care au ca obiectiv creşterea forţei musculare (L. Leger) şi scăderea riscului de apariţie a leziunilor musculare, tendinoase şi ligamentare. Lucrul muscular excentric submaximal, cu viteză lentă şi rezistenţă progresivă creşte amplitudinea articulară, iar efectul de reducere a contracturii musculare (miorelaxant) este superior întinderii pasive.

Afişarea rezultatelor pe monitorul PC-ului creşte motivaţia prin retrocontrol vizual.

Contracţia izometrică necesită 4 secunde pentru a dezvolta o tensiune maximă şi trebuie menţinută 6 secunde. Se recomandă ca raportul dintre timpul de lucru şi repaus să fie 1/2 (1 timp de lucru şi 2 timpi de repaus). Creşterea forţei izometrice antrenează o

creştere a vitezei de execuţie a mişcării. Recrutarea unităţilor motorii este mai importantă în contracţia statică de forţă maximă. Acest tip de contracţie are rolul principal în dezvoltarea masei musculare, deci a forţei de contracţie. În acest caz, viteza creşte pe baza creşterii forţei, dar cu prudenţă. Contracţia izometrică dezvoltă forţa *exclusiv la unghiul articular* la care se aplică, de aceea unghiul trebuie schimbat cu regularitate pentru a profita de forţa dezvoltată în mod dinamic.

Forţa dinamică maximă posibilă a unui muşchi se dezvoltă cel mai puţin în timpul unei mişcări la un anumit unghi articular.

Aparatele izokinetice sunt utilizate şi pentru creşterea amplitudinii articulare prin mobilizări pasive continue. Instalaţiile permit reglajul electronic al amplitudinii maxime de mobilizare (oprire la limita maximă de întindere a muşchilor), a vitezei de mobilizare (care poate varia pe sensurile de mişcare), a duratei şedinţei şi a timpului de menţinere a articulaţiei în poziţie extremă (de maximă amplitudine). Posibilitatea retrocontrolului vizual a mişcării imprimate de instalaţie amplifică starea de relaxare a pacientului, absolut necesară pentru obţinerea succesului terapeutic. Efectele constau în întreţinerea nutriţiei cartilajului articular, resorbţia hematoamelor şi asigurarea drenajului epanşamentelor intraarticulare, tensionarea şi alinierea fibrelor de colagen din structura capsulelor, ligamentelor, tendoanelor şi a altor structuri pasive, care ar putea fi incriminate în limitarea mobilităţii articulare. Programul de recuperare va continua cu mobilizări active asistate, (în care contracţiile dinamice dublează mobilizarea pasivă), mobilizări active libere până la amplitudinea maximă posibilă, urmate de mobilizări rezistive de tip excentric.

Myotestul funcţionează pe principiul accelerometrelor şi este un aparat portabil, care evaluează pe baza unor teste de teren, unanim acceptate de specialişti, nivelul performanţelor unui sportiv, indiferent de sportul practicat. Calculează forţa musculară, puterea şi viteza unui gest sportiv, dar şi alţi parametri, cum ar fi detenta, viteza explozivă, timpul de contact cu solul etc. Măsurătorile sunt rapide, fiabile, reproductibile şi accesibile tuturor utilizatorilor.

Myotestul (fig. 10.5) înregistrează rezultatele după fiecare antrenament, le compară cu cele obţinute în evaluări anterioare, apreciind astfel evoluţia parametrilor cercetaţi (progres, regres sau menţinere), respectiv concordanţa obiectivelor propuse cu cele realizate. Sportivii au posibilitatea autoevaluării, prin comparare cu ei înşişi, dar şi cu alţi utilizatori. Rezultatele sunt transferate şi stocate în baza de date a unui PC, analizate cu softuri speciale şi afişate sub formă de tabele şi grafice. Prelucrarea, interpretarea



Fig. 10.5 –Myotest

şi vizualizarea rapidă a datelor conferă aparatului avantaje incontestabile privind optimizarea antrenamentelor, prevenirea accidentărilor, recuperarea medicală şi stimularea motivaţiei sportivilor.

10.4. Tonusul muscular

10.4.1. Definiţie

Tonusul muscular constă într-o stare de tensiune activă, permanentă şi variabil adaptabilă a muşchiului, caracterizată printr-o contracţie tonică de lungă durată, realizată cu un consum energetic redus. Mai poate fi definit ca fiind rezistenţa activă a muşchiului la întindere, proprietate care dispare în caz de denervare.

Tonusul muscular are următoarele roluri:

- asigură baza motricităţii voluntare şi involuntare, a comunicării verbale, nonverbale şi a expresivităţii mişcării;
- menţine poziţiile antigravitaţionale şi postura corporală;
- pregăteşte contracţia fazică prin creşterea tensiunii musculare, susţinând motivaţia şi intenţionalitatea mişcărilor în funcţie de factorii psihoemoţionali.

Tonusul muscular este reglat de formaţiunea reticulată din trunchiul cerebral, prin modularea excitabilităţii motoneuronilor γ şi α (reflex miotatic), în funcţie de stimularea receptorilor.

Modificările tonusului muscular constau în scăderea sau creşterea tensiunii musculare (hipo sau hipertonie musculară). Fiziologic, tonusul muscular scade în timpul somnului şi creşte prin trecerea de la starea de somn la cel de veghe. Hipotalamusul este responsabil de modificările tonusului muscular în stări afective (în cazul emoţiilor).

Sindromul de neuron motor central se caracterizează prin hipertonie musculară (spasticitate), care se accentuează când viteza de întindere a muşchiului creşte. În sindromul de neuron motor periferic se produce o paralizie de tip flasc, secundară pierderii tonusului de bază.

Sub aspect cantitativ, în funcţie de nivelul tensiunii musculare permanente, se descriu următoarele forme sau nivele ale tonusului muscular:

a) ***tonusul muscular de bază*** este starea de uşoară tensiune, de contracţie involuntară şi permanentă (nu dispare în repaus, somn sau come profunde). Acest tip de tonus menţine unitatea dintre diferitele părţi ale corpului, reprezintă ecoul afectivităţii şi conferă expresivitate mişcărilor.

b) ***tonusul postural*** reprezintă activitatea tonică minimă care permite menţinerea poziţiei ortostatice şi a echilibrului corporal atât în poziţii statice, cât şi în activităţi dinamice. Tonusul postural este controlat reflex şi voluntar şi asigură nivelul optim al contracţiilor dinamice (eficienţa acestora scade în stări de hipotonie sau hipertonie musculară).

c) ***tonusul de acţiune*** (de efort) reprezintă contracţia musculară realizată sub comandă voluntară.

10.4.2. Măsurarea şi evaluarea tonusului muscular

Miotonometria este o metodă obiectivă, sensibilă, de apreciere a tonusului muscular, atât în stare de relaxare, cât şi în contracţie maximă (tonus de acţiune). Măsurătorile, exprimate în u.i. se efectuează cu ajutorul miotonometrului, aplicat pe masa musculară (nu pe tendon).

Valorile de repaus sunt 50-60 u.i. pentru fete şi 60-70 u.i. pentru băieţi, în timp ce în contracţie se înregistrează 110-120 u.i. la fete, respectiv 120-150 u.i. la băieţi. Cu cât diferenţele înregistrate între efort şi relaxare sunt mai mari, cu atât capacitatea de lucru este mai eficientă.

Creşterea valorilor de repaus se constată în stări de oboseală cronică sau acută, contractură, disconfort muscular, stări patologice musculare în stadiul prelezional clinic, spasticitate etc.

Miotonometria este o metodă curentă de control şi îndrumare atât în activitatea de dirijare a antrenamentelor sportive, cât şi în monitorizarea pacienţilor cu afecţiuni care produc modificări ale tonusului muscular.

Capitolul 11

POSTURA CORPORALĂ

11.1. GREUTATEA ŞI CENTRUL DE GRAVITAŢIE AL CORPULUI

11.2. DEFINIŢIA POSTURII

11.3. COLOANA VERTEBRALĂ

11.4. POZIŢIA IDEALĂ A PICIORULUI

11.5. SCOPUL ŞI OBIECTIVELE EXAMENULUI POSTURII

11.6. MĂSURAREA ŞI EVALUAREA POSTURII CORPORALE

11.7. EXAMENUL PODOSCOPIC ŞI PODOMETRIA

11.1. Greutatea şi centrul de gravitaţie al corpului

Greutatea este măsura atracţiei gravitaţionale pe care o exercită pământul prin câmpul său gravitaţional asupra unui corp şi depinde de doi factori: masa corpului şi acceleraţia gravitaţională.

G = m x g, unde:

G = greutatea;

m = masa;

g = acceleraţia gravitaţională (g = 9,81m/s^2)

Toate moleculele din structura organismului au o anumită greutate; suma parţială a greutăţilor formează greutăţi parţiale (a unui membru, a trunchiului etc.), iar suma totală constituie greutatea întregului corp. Asupra moleculelor corpului acţionează mici forţe paralele direcţionate vertical, care pot fi reprezentate printr-o singură forţă (rezultanta greutăţilor tuturor părţilor), aplicată într-un punct ideal al masei corpului, numit centru de gravitaţie. Acest punct nu are o poziţie fixă, ci variază de la o poziţie la alta şi de la o secvenţă a mişcării la alta. Pentru a învinge greutatea corpului şi inerţia diferitelor sale părţi, forţa musculară acţionează continuu asupra corpului nostru.

Gravitaţia este factorul determinant al reacţiilor posturale, care permit menţinerea anumitor poziţii, trecerea din poziţia aşezat în stând şi invers, precum şi menţinerea unei atitudini stabile după o dezechilibrare.

În poziţia stând, centrul de gravitaţie este situat la o distanţă de 55% din înălţimea subiectului (măsurată de la suprafaţa de susţinere), anterior de vertebra S_2.

Poziţia bipedă este caracteristică omului şi reprezintă cea mai instabilă şi mai evoluată formă de postură şi locomoţie. Această poziţie verticală impune distribuţia greutăţii corpului pe o suprafaţă de sprijin redusă.

Comportamentul spaţial al corpului se adaptează permanent, voluntar sau involuntar, pentru a menţine verticalitatea în relaţie cu forţa de gravitaţie, pe baza informaţiilor kinestezice, tactile, termice şi dureroase recepţionate. Prin raportare continuă la axul vertical, centrul principal de greutate al corpului se proiectează în interiorul poligonului de susţinere, asigurând astfel menţinerea echilibrului static vertical.

Poziţia stând este antigravitaţională şi se caracterizează prin: eliberarea membrelor superioare, care au devenit organe ale prehensiunii, verticalizarea coloanei vertebrale, la care au apărut modificări de formă (curburile) şi de poziţie, lărgirea câmpului vizual şi echilibrarea centrului de greutate, care este într-o permanentă oscilaţie. Omul este singura fiinţă capabilă să realizeze extensia completă a genunchiului în încărcare. Adaptarea la mersul biped a produs orientarea medială a genunchiului în raport cu şoldul. Aceasta a permis genunchiului şi gleznei să se plaseze aproape direct sub centrul de gravitaţie a corpului, în mers, în timpul fazelor de sprijin unipodal.

Briand & Bonel (1994) prezintă adaptările morfologice ale scheletului produse de staţiunea bipedă:

– apariţia lordozei lombare cu accentuarea promontoriului;

- lărgirea bazinului cu modificările morfologice ale membrului pelvin prezentate anterior;
- adaptarea exclusivă a piciorului pentru susţinere;
- lărgirea şi aplatizarea toracelui cu sudarea diferitelor segmente ale sternului;
- proeminenţa scapulei pe faţa posterioară a toracelui.

Aceiaşi autori prezintă adaptările musculaturii la poziţia verticală:
- dezvoltarea masei musculare lombare;
- diferenţierea musculaturii gâtului, ale cărui fascicule se întind până în partea superioară a acestuia;
- dezvoltarea muşchilor fesieri; muşchiul fesier mare acoperă toată faţa posterioară a bazinului;
- orientarea muşchilor interosoşi ai piciorului în raport cu metatarsianul II, nu cu al treilea (a dispărut opozabilitatea halucelui);
- scurtarea muşchiului drept abdominal, care atinge superior coasta a 5-a, iar inferior s-a individualizat muşchiul piramidal.

Poziţia stând este numită şi poziţia aliniamentului ortostatic şi reprezintă poziţia de referinţă pentru aprecierea configuraţiei întregului corp, dar şi pentru orientarea corectă a segmentelor sale. Toate celelalte poziţii fundamentale sau derivate ale acestora devin, prin menţinere, posturi, dar nu sunt caracteristice omului din momentul în care acesta poate păstra verticalitatea şi se poate deplasa din poziţie bipedă.

Verticalitatea permanentă (la unele animale apare ocazional şi temporar), prehensiunea şi opozabilitatea policelui reprezintă elemente definitorii ale fiinţei umane, la care se adaugă limbajul articulat.

11.2. Definiţia posturii

Aspectul general al corpului sau configuraţia fizică este rezultanta a trei elemente: postura sau atitudinea corpului şi procesele de creştere şi dezvoltare.

Sherington aprecia că „postura acompaniază mişcarea", dar şi reciproca este perfect valabilă.

Postura exprimă modul în care organismul primeşte stimuli din exterior şi se pregăteşte să reacţioneze, adaptându-se permanent solici-tărilor, în funcţie de dificultatea acestora şi de capacitatea motrică a individului. Poziţia ortostatică este un model de referinţă în intervenţia acţiunilor corectoare, ori de câte ori factori interni sau externi tind să o modifice. Pentru aceasta este solicitată o parte importantă a musculaturii axiale şi periferice, precum şi intervenţia reglatorie nervoasă complexă.

Postura corpului se dezvoltă în urma unei experienţe repetate, ca rezultat al menţinerii în acelaşi fel a poziţiilor şi al executării în acelaşi mod a mişcărilor în situaţii asemănătoare. Homeostazia posturală se asigură datorită memoriei reţelei neuronale, care prin mesajele aferente primite de la receptori, stochează modele de referinţă pentru toate poziţiile fundamentale şi derivate. Se realizează astfel, în fiecare moment, modelul postural cerut (necesar), prin compararea sa în reţeaua neuronală cu modelul existent.

Postura este o funcţie a corpului omenesc bazată pe acţiunea sinergică şi coordonată a elementelor aparatului locomotor, a sistemului nervos central şi periferic, cu ajutorul cărora se menţin stabilitatea, echilibrul şi raporturile constante dintre segmentele corpului, precum şi dintre corp şi elemente ale mediului înconjurător.

Stabilitatea verticală antigravitaţională este menţinută (atât în poziţii de repaus, cât şi în timpul mişcării) prin tonusul muscular postural şi prin distribuţia echilibrată a tensiunilor musculare şi tendino-ligamentare în întregul corp. Reflexul miotatic reprezintă cel mai simplu sistem de reglare a lungimii muşchilor (în funcţie de alungirea suferită) şi permite reglarea nivelului contracţiei permanente a muşchilor (a tonusului) atât în menţinerea posturii, cât şi în asigurarea desfăşurării armonioase a mişcării.

Dezechilibrele musculare sunt responsabile de apariţia unor fenomene dureroase osteo-articulare cu diverse localizări (ceafă, spate, şold, genunchi etc.), dar şi de modificarea armoniei posturii prin deviaţii ale dispoziţiei spaţiale ale segmentelor corporale, numite deposturări sau dezalinieri. Tulburările de auz, de vedere, ereditatea, obişnuinţa, diverse stări patologice ale sistemului neuro-mio-artrokinetic provoacă dezechilibre musculare, respectiv deposturări globale şi segmentare (flexia exagerată a trunchiului şi a membrelor, deviaţii ale axei corpului etc.), care deplasează centrul de gravitaţie.

Cercetările efectuate în ultimele două-trei decenii au dovedit că dezechilibrele musculare apar şi din cauza modificării arhitecturii piciorului şi a disimetriilor de sprijin, ca urmare a distribuţiei inegale a greutăţii corpului pe suprafeţele plantare.

Indiferent de cauza generatoare, disimetriile corporale afectează sprijinul şi locomoţia.

Relaţiile între postură, practica sportivă şi recuperare sunt multiple şi reciproce. Astfel, cea mai mică deficienţă a posturii poate afecta performanţa sportivă. În acelaşi timp, sportul constituie un excelent mijloc de recuperare în cazul deposturărilor şi al tulburărilor de echilibru.

Toate aceste aspecte dovedesc complexitatea sistemului postural şi justifică apariţia unei ştiinţe noi pluridisciplinare, posturologia, care are ca obiect de cercetare postura corporală.

Posturologia studiază omul în poziţia stând, în echilibru static, orientarea şi stabilitatea spaţială globală şi segmentară a corpului, depistează şi analizează cele mai mici devieri de la postura normală, intervenind şi în procesul de recuperare/reechilibrare în vederea obţinerii unei posturi armonioase.

Concomitent a apărut şi s-a dezvoltat podologia ortopedică. **Podologia** se ocupă cu studiul dezechilibrelor piciorului, care afectează încărcarea suprafeţei de sprijin, precum şi cu modul de prevenire şi tratamentul acestora prin mijloace specifice. Patologia locală este extrem de diversă: de la „banale" unghii încarnate şi până la traumatisme severe ale piciorului, toate afectează sprijinul plantar. Unii autori consideră că denumirea de **posturo-podologie** ar fi mai corectă.

11.3. Coloana vertebrală

În dezvoltarea ontogenetică a omului, cele mai importante modificări ale posturii sunt legate de coloana vertebrală. Axul coloanei vertebrale asigură, în principal, poziţia verticală. Capacitatea coloanei vertebrale de a menţine verticalitatea este dependentă de starea funcţională a musculaturii (are rol stabilizator), a articulaţiilor intervertebrale şi a ţesuturilor adiacente.

În plan frontal, coloana vertebrală este rectilinie, iar în plan sagital prezintă o serie de curburi fiziologice alterne, care compensează între ele (fig. 11.1):

- lordoza cervicală, alcătuită din 7 vertebre, are convexitatea orientată anterior; maxima încurbare se situează la nivelul vertebrei C_7; este determinată de poziţia capului;
- cifoza dorsală, alcătuită din 12 vertebre, are convexitatea orientată posterior; maxima încurbării este localizată la nivelul vertebrei D_6 sau D_7 şi realizează un unghi cu o valoare de cca 30°; este determinată de poziţia capului şi a centurii scapulare;
- lordoza lombară, alcătuită din 5 vertebre, are convexitatea orientată din nou anterior; maxima încurbării se situează la nivelul vertebrei L_4 sau L_5; este determinată de poziţia bazinului şi abdomenului;
- cifoza sacrococcigiană, scurtă, fixă, cu convexitatea orientată posterior.

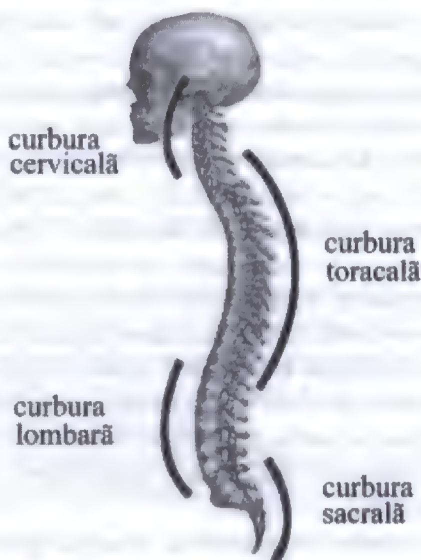


Fig. 11.1 – Curburi fiziologice ale coloanei vertebrale (plan sagital)

Aceste curburi fiziologice în plan sagital cresc rezistenţa mecanică a coloanei vertebrale, care este proporţională cu pătratul curburilor plus 1, astfel: $4^2 + 1 = 17$, deci coloana este de 17 ori mai rezistentă decât dacă ar fi rectilinie.

După unii autori, curburile vertebrale apar în cursul vieţii fetale (teoria fetală a lui Delmas). După alţii, curburile sunt consecinţa staţiunii bipede şi a mersului (teoria mecanică a lui Henle).

Se cunoaşte cu precizie că promontoriul lombosacrat este schiţat la naştere, iar curbura lombară se instalează cu adevărat odată cu staţiunea verticală şi mersul.

Ulterior, curburile se accentuează puţin câte puţin şi devin definitive odată cu încheierea proceselor de creştere şi osificare.

Datorită acestor curburi, proiecţia centrului de gravitaţie a diferitelor segmente vertebrale nu se regăseşte pe linia proiecţiei centrului de gravitaţie al corpului, iar gravitaţia determină – de la o vertebră la alta – solicitări rotaţionale, care tind să accentueze

curburile. Acestea trebuie neutralizate, altfel coloana se dezechilibrează. Astfel, la nivel dorsal, proiecţia centrului de gravitaţie a corpului trece anterior coloanei, rezultând predispoziţia către dezechilibrarea anterioară a corpului, care este compensată prin tensionarea ligamentului comun vertebral posterior, a ligamentelor interspinoase şi a ligamentelor galbene. Situaţia este inversă la nivelul coloanei lombare şi cervicale: proiecţia centrului de gravitaţie trece posterior centrului coloanei, iar forţele care se opun dezechilibrării sunt reprezentate de rezistenţa ligamentului vertebral comun anterior.

Curburile coloanei vertebrale în plan sagital atenuează şocurile verticale produse în timpul mersului sau al alergării, favorizând menţinerea echilibrului coloanei pe bazin uşurând astfel efortul muscular. Amplitudinea maximă de mişcare se înregistrează în regiunile cu lordoză (lombară şi cervicală), exceptând articulaţiile atlanto-occipitală şi atlanto-axoidiană, la nivelul cărora mobilitatea intervertebrală este foarte mică.

Prin însumarea mişcărilor intervertebrale rezultă o mobilitate mare la nivelul coloanei, făcând posibile:

- în plan sagital, flexia-extensia;
- în plan frontal, înclinările laterale dreapta-stânga;
- în plan transversal, rotaţiile dreapta-stânga.

Din însumarea acestora rezultă mişcarea complexă numită circumducţie.

Mobilitatea mare din regiunile cu lordoză, mai ales din zona lombară, explică în mare măsură deteriorările structurale ale discurilor intervertebrale şi durerile care apar la persoanele active şi la sportivi.

Discurile intervertebrale reprezintă alte elemente cu rol absorbant al solicitărilor mecanice. Ele sunt supuse unor solicitări presionale, în timp ce ligamentele suportă modificări tensionale.

Rezultă că aceste două categorii de elemente anatomice sunt supuse unor forţe contrare, dar între ele se stabileşte o stare de echilibru, numită de Steinder *echilibru intrinsec*.

Relaţia dintre aceste forţe se transmite după următoarea formulă:

Echilibrul intrinsec = Rezistenţa elastică la tensiune a ligamentelor/
Rezistenţa elastică la presiune a discurilor

Existenţa echilibrului intrinsec explică de ce coloana vertebrală rămâne o unitate destul de rigidă şi continuă să-şi păstreze curburile, chiar dacă i se scot toţi muşchii.

Grupele musculare, care prin tonicitatea lor acţionează asupra coloanei vertebrale, realizează *echilibrul extrinsec*.

Curburile coloanei vertebrale în plan sagital permit dezvoltarea corespunzătoare a conţinutului toracic şi abdominal.

Accentuarea sau ştergerea curburilor fiziologice ale coloanei vertebrale produce deposturări ale acesteia sau ale spatelui. Accentuarea curburilor de tip lordotic determină hiperlordoză, iar a curburii cifotice dorsale produce hipercifoză. Uneori accentuarea curburilor de tip cifotic şi lordotic coexistă, realizând cifolordoze.

Staffel sistematizează la nivelul spatelui următoarele aspecte ale posturii:

– postură normală caracterizată prin uşoară lordoză cervicală, uşoară cifoză dorsală, uşoară lordoză lombară;
– spate rotund caracterizat prin ştergerea lordozei cervicale şi lombare şi accentuarea cifozei dorsale;
– spate plat caracterizat prin ştergerea lordozei cervicale, a cifozei dorsale şi a lordozei lombare;
– spate rotund convex caracterizat prin ştergerea lordozei cervicale şi accentuarea cifozei dorsale şi a lordozei lombare;
– spate plat concav caracterizat prin ştergerea lordozei cervicale şi a cifozei dorsale şi accentuarea lordozei lombare.

În plan frontal se produc devieri ale segmentelor corporale (membre inferioare şi superioare), care orientează axul lor longitudinal spre:
– lateral, realizând varus (genu varum, cubitus varus);
– medial, realizând valgus (genu valgum, cubitus valgus).

Coloana vertebrală poate fi deviată lateral (plan frontal), realizând scolioze, numai că devierea se însoţeşte încă de la debut de rotaţia corpurilor vertebrale (plan transversal), care îşi orientează apofizele spinoase spre convexitate, deci deviaţia este bidimensională. În evoluţie, rotaţia vertebrală angrenează şi coastele, ale căror arcuri îşi accentuează încurbarea şi proemină, realizând aşa-numita gibozitate costală (plan sagital), devenind astfel o deformaţie tridimensională.



Fig. 11.2 – Coloana vertebrală:
a) aliniament normal şi deviaţie de tip cifotic; b) deviaţii de tip scoliotic

Când scolioza are o încurbare (scolioză în C) localizată la nivelul coloanei dorsale, gibozitatea este mare şi proemină în regiunea dorsală posterioară.

Când localizarea este lombară (scolioză în C) sau lombară şi dorsală (scolioză în S), rotaţia corpurilor vertebrale lombare determină proeminenţa apofizelor transverse din această regiune şi formarea unor gibozităţi mai mici, numite paraspinale.

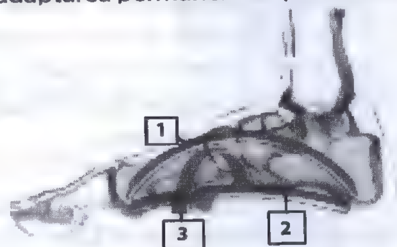
Scoliozele au cauze multiple patologice costo-vertebrale, dar pot fi şi consecinţa unor inegalităţi în lungimea membrelor inferioare sau a dezechilibrelor musculare întâlnite în sporturi asimetrice (tenis, scrimă, aruncarea discului, a suliţei etc.).

11.4. Poziţia ideală a piciorului

Picioarele reprezintă baza de susţinere a corpului omenesc în poziţia stând, în mers sau alergare, fiind unul dintre principalii „receptori" ai sistemului postural. Presoreceptorii cutanaţi plantari informează asupra poziţiei corpului în raport cu suprafaţa de sprijin (contacul plantelor cu o suprafaţă neregulată, cu o anumită duritate, în pantă ascendentă sau descendentă etc.), ceea ce solicită adaptarea permanentă a posturii corpului prin stimularea reflexelor de echilibrare.

Ca urmare, dezechilibre ale posturii se răsfrâng asupra bazei de susţinere, după cum afecţiuni ale piciorului influenţează statica şi dinamica articulaţiilor supraiacente (genunchi, şold, coloană vertebrală).

Poziţia ideală a piciorului, care conferă eficienţă maximă în timpul sprijinului şi locomoţiei rezultă din îndeplinirea următoarelor condiţii:



1. Arcul longitudinal extern
2. Arcul longitudinal intern
3. Arcul transversal

Fig. 11.3 – Arcurile piciorului

- axa calcaneului perpendiculară pe suprafaţa de sprijin;
- axa gambei perpendiculară pe suprafaţa de sprijin şi situată într-un plan paralel cu axa calcaneului;
- la antepicior, toate capetele metatarsienelor să fie în contact cu suprafaţa de sprijin;
- planurile orizontale ale antepiciorului şi cel plantar al călcâiului să fie paralele între ele şi cu suprafaţa de sprijin;
- liniile sub- şi supramaleolare să fie concave şi paralele între ele.

Aceste condiţii reprezintă etalonul şi criteriile de evaluare.

Funcţia dinamică ideală a picioarelor constă în parcurgerea unui ciclu complet de mers, reprezentat de pasul dublu, compus din totalitatea mişcărilor care se efectuează între două sprijine succesive ale aceluiaşi picior.

Zonele de presiune maximă se situează la nivelul primului metatarsian-haluce, al marginii laterale a plantei şi al calcaneului.

În timpul mersului, diferitele părţi ale scheletului sunt succesiv solicitate (mijlocul antepiciorului, piciorul mijlociu, piciorul posterior) şi depind de faza acestuia.

Poziţia piciorului în stând sau în mers nu este pasivă. Ea implică acţiunea unor stucturi şi sisteme diverse ale aparatului locomotor şi sistemului nervos.

11.5. Scopul şi obiectivele examenului posturii

Scopul examenului posturii constă în:
- prevenirea uzurii accelerate a structurilor anatomice (genunchi, coloană vertebrală) prin supraîncărcare (în activităţi sportive sau în procesul muncii);
- analiza dezechilibrelor în cele trei planuri dimensionale;
- depistarea receptorilor (extero- şi proprioceptorilor) responsabili de furnizarea informaţiilor care au produs deposturarea.

Ca urmare, demersul examinării va viza:
- depistarea cauzelor generatoare ale dezechilibrelor musculare pentru instituirea unui tratament etiologic;
- reprogramarea posturală;
- obiectivizarea evoluţiei sub tratamentul aplicat.

Simptomele resimţite în cazul apariţiei unei deposturări sunt extem de diverse, ceea ce susţine ecoul general al acesteia: cefalee, vertij, tahicardie, aritmie cardiacă, tulburări de respiraţie, de atenţie sau memorie, crampe musculare, dureri articulare cu diverse localizări (coloană vertebrală, bazin, genunchi etc.).

11.6. Măsurarea şi evaluarea posturii corporale

Măsurarea şi evaluarea posturii corporale se realizează prin metode subiective şi obiective, directe şi indirecte.

11.6.1. Metode directe

11.6.1.1. Metode subiective

Somatoscopia – constă în examinarea vizuală a aliniamentului global şi segmentar al corpului din faţă, spate şi profil, în stare statică şi dinamică (mers).

Se efectuează iniţial subiectiv, fără instrumente de măsură şi control. Când recurge la ajutorul acestora, devine obiectivă, evaluările globale (somatoscopia generală) şi segmentare (somatoscopia segmentară) fiind în măsură să stabilească un diagnostic precis al aliniamentului normal şi al abaterilor de la acesta.

Poziţia aliniamentului ortostatic, de referinţă pentru stabilirea diagnosticului de postură corporală este următoarea: stând, privirea înainte, bărbia orizontală, umerii relaxaţi, membrele superioare pe lângă trunchi, palmele în poziţie intermediară de pronosupinaţie („privesc coapsele"), degetele uşor flectate, membrele inferioare aliniate, genunchii extinşi, picioarele orientate anterior, călcâiele şi vârfurile apropiate; ca variantă, vârfurile picioarelor se depărtează la un unghi maxim de 45° (fig. 11.4).

Somatoscopia generală apreciază:

• statura, care permite clasificarea subiecţilor în: normo-, hi-per- şi substaturali;

• starea de nutriţie, care conduce la etichetarea subiecţilor în: normo-, hipo- şi hiperponderali (această clasificare este ulterior reevaluată, după determinarea greutăţii corporale şi raportarea acesteia la valorile standard pe grupe de vârstă, sex şi mediu);



Fig. 11.4 – Poziţia aliniamentului ortostatic

• atitudinea globală a corpului, pe care o apreciem ca normală sau deficientă;

• conformaţia şi simetria segmentelor corporale;

• proporţionalitatea dintre ansamblul somatic şi părţile sale, dar şi dintre segmente;

• concordanţa dintre vârsta biologică şi cronologică, prin aprecierea nivelului creşterii şi al dezvoltării somato-ponderale, comparativ cu dezvoltarea caracterelor endocrine şi psiho-intelectuale, pentru încadrarea în unul dintre tipurile constituţionale;

• tegumentele şi fanerele, apreciindu-se modificările patologice ale tegumentelor, ale mucoaselor, ale părului şi ale unghiilor (zone cu nevi pigmentari, mucoase palide, alopecie, unghii friabile etc.);

• elemente ale sistemului limfatic prin inspecţie;

• ţesutul celular subcutanat; se apreciază vizual grosimea şi distribuţia stratului adipos subcutanat;

• muşchii scheletici se apreciază ca formă şi relief în funcţie de: sex, vârstă, biotip somatic, profesie, iar în cazul sportivilor şi în funcţie de sportul practicat;

• oasele se aproximează ca: dimensiuni, formă, eventuale sechele după rahitism, traumatisme sau alte boli, lipsa unor segmente (agenezie) sau segmente supranumerare, de exemplu polidactilie;

• articulaţiile se apreciază în privinţa modificărilor de: formă, volum, a dezaxărilor şi a mobilităţii articulare voluntare libere;

• motricitatea spontană sau provocată;

• atitudinea în timpul examinării, precum şi elementele comportamentale capabile să informeze asupra tipului de activitate nervoasă superioară.

Somatoscopia segmentară constă în cercetarea caracterelor morfologice şi funcţionale ale regiunilor, ale părţilor şi ale segmentelor corpului în mod metodic, de sus în jos, în următoarea succesiune: cap, faţă, gât, trunchi, torace, abdomen, membre superioare, spate, bazin şi membre inferioare sau invers.

11.6.1.2. Metode obiective

Somatoscopia instrumentală constă în evaluarea directă realizată cu instrumente sau echipamente clasice sau moderne, după cum urmează:

– firul cu plumb, la care raportările se fac doar pe verticală;

– cadrul antropometric de simetrie (CAS), la care raportările se fac atât pe verticală, cât şi pe orizontală;
– simetrigraf, corespondentul modern al cadrului antropometric de simetrie.

Somatoscopia se poate realiza cu corpul în poziţia aliniamentului ortostatic şi reprezintă somotoscopia statică sau cu corpul în mişcare ceea ce reprezintă somatoscopia dinamică (evaluare cinematică).

Somatoscopia statică se realizează clasic cu *firul cu plumb* (reprezintă linia verticală la care se fac raportările) şi *cadrul antropometric de simetrie.*

Cadrul antropometric de simetrie are dimensiuni de 2 m înălţime şi 1 m lăţime; este gradat pe orizontală din centru, de la punctul zero (0), spre stânga şi spre dreapta din 10 în 10 cm, iar pe verticală de jos în sus, de la 0 până la 200 cm. Astfel, CAS este împărţit în pătrate cu latura de 10 cm. Verticala din mijloc, de la punctele zero (00), se suprapune liniei mediane a corpului.

Examinarea aliniamentului corporal se realizează din: spate, profil şi faţă.

Examinarea din spate

În această examinare, aliniamentul corpului este ideal când linia mediană a cadrului antropometric de simetrie (verticala 00) coincide cu axa de simetrie a corpului, care trece prin: vertex, protuberanţa occipitală externă, apofizele spinoase ale vertebrelor cervicale, toracale, lombare, pliul interfesier, printre condilii femurali interni, maleolele tibiale şi se proiectează în mijlocul bazei de susţinere.

Verticala trebuie să fie echidistantă faţă de relieful median al călcâielor, al gambelor şi al coapselor, faţă de scapule şi coincide cu linia mediană a trunchiului şi capului (fig 11.5).

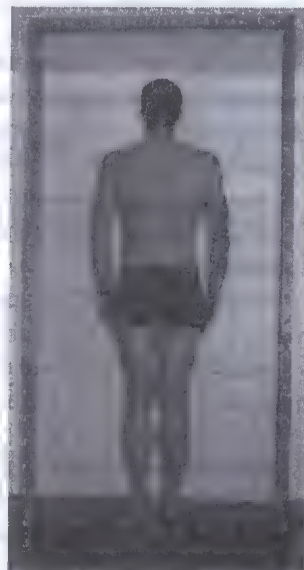


Fig. 11.5 – Examinarea din spate

La această verticală se raportează o serie de linii orizontale care unesc:
– marginea inferioară a lobilor urechilor;
– extremităţile acromiale (linia biacromială);
– spinele omoplaţilor (linia bispinoasă) şi trece prin apofiza spinoasă a vertebrei T_7;
– crestele iliace (linia bicretă),
– trohanterele mari (linia bitrohanteriană);
– maleolele tibiale (linia bimaleolară).

Toate aceste linii trebuie să fie perpendiculare pe verticala zero (00), paralele între ele şi cu orizontala cadrului antropometric de simetrie.

Tot la examinarea din spate trebuie marcate cu creionul dermatograf următoarele patru puncte convenţionale pentru fiecare regiune a coloanei vertebrale:
– un punct sacrat, la baza pliului interfesier, punct care reprezintă partea posterioară şi baza fixă a coloanei;

- un punct lombar la nivelul concavităţii maxime lombare, reprezentat de apofiza spinoasă a vertebrei L_4 sau L_5;
- un punct dorsal la nivelul convexităţii maxime dorsale, reprezentat de apofiza spinoasă a vertebrei D_6 sau D_7, care este vârful cifozei fiziologice;
- un punct cervical, care corespunde apofizei spinoase a vertebrei C_7.

Toate aceste puncte vor fi utilizate la examinarea de profil.

Examinarea din profil

În această examinare (fig 11.6), postura este ideală când verticala zero (00) a CAS coincide cu axa de simetrie a corpului, care trece prin: vertex, lobul urechii, articulaţia umărului, marele trohanter al femurului, uşor anterior faţă de mediana genunchiului, uşor anterior faţă de maleola laterală, la nivelul proiecţiei cutanate a interliniei articulaţiei medio-tarsiene Chopart.

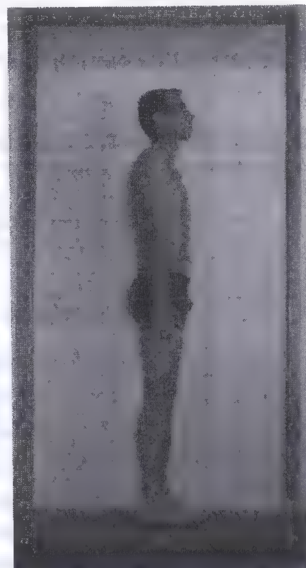


Fig. 11.6 – Examinarea din profil

Paralelă cu verticala axei de simetrie este şi verticala tangentă în punctele cu cifoză fiziologică, respectiv punctul dorsal (D_6-D_7) şi sacral. Din concavitatea maximă a regiunilor cervicală şi lombară (regiuni cu lordoză fiziologică) se duc perpendiculare pe verticala 00 a CAS, care se numesc săgeţi; în caz de aliniament normal, săgeţile au dimensiuni egale. Când punctele de tangenţă se modifică, iar săgeţile depăşesc dimensiunile normale în raport cu vârsta şi înălţimea subiectului, se produc deficienţe (dezaliniamente) în plan sagital.

Examinarea din faţă

În această examinare (fig 11.7), aliniamentul corpului este ideal când verticala liniei de simetrie coincide cu verticala zero (00) a cadrului antropometric de simetrie, care trece prin: mijlocul frunţii, mijlocul nasului, mijlocul buzelor, mijlocul bărbiei, sternului, ombilic, simfiza pubiană, printre condilii femurali interni şi maleolele tibiale şi se proiectează în mijlocul bazei de susţinere.

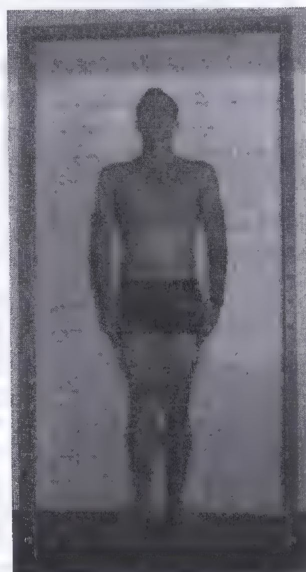


Fig. 11.7 – Examinarea din faţă

La această verticală se raportează următoarele linii orizontale:
- bisprâncenoasă;
- biacromială;

- bimamelonară (la bărbaţi);
- bicretă;
- bispinoasă (spine iliace antero-superioare);
- bitrohanteriană;
- bimaleolară.

Toate aceste linii trebuie să fie perpendiculare pe verticala zero (00), paralele între ele şi cu orizontala cadrului antropometric de simetrie.

11.6.2. Metode indirecte

Metodele indirecte constau în aprecierea obiectivă a posturii corporale în stare statică şi dinamică.

11.6.2.1 Măsurarea şi evaluarea posturii corporale în stare statică

Măsurarea înălţimii reprezintă un semn indirect asupra gradului cifozei dorsale, proiecţiei anterioare a coloanei vertebrale cervicale, existenţei unei deviaţii de tip scoliotic sau a unei dezalinieri la nivelul membrelor inferioare (genu flexum).

Măsurarea bustului oferă posibilitatea urmăririi evoluţiei unei scolioze. Stagnarea creşterii bustului, evidenţiată prin măsurători repetate efectuate în perioada creşterii şi dezvoltării fizice, reprezintă un semn de agravare a deposturării.

Radiografia convenţională, clasică rămâne cea mai utilizată metodă de depistare a aspectelor morfologice şi dimensionale legate de forma, structura şi dimensiunile oaselor, dar şi de diagnostic al deposturărilor, deviaţiilor vetebrale, dezaxărilor articulare.

Unghiurile fiziologice ale curburilor coloanei vertebrale în plan sagital au următoarele valori:

- cifoza toracală 37° (20°-45°); unghiul se măsoară de la platoul superior al vertebrei T_4 la platoul inferior al vertebrei L_1;
- lordoza lombară (-) 50° (minus 40°-60°); unghiul se măsoară de la platoul superior al vertebrei L_1 la platoul superior al vertebrei S_1.

Modificările acestor unghiuri au semnificaţie patologică.

Prin examen radiologic se poate aprecia unghiul curburii scoliotice. Există mai multe metode, dar cea mai utilizată este metoda Cobb, prin care se trasează două linii către concavitate, pornind din vertebrele neutre (cele mai înclinate) superioară şi inferioară, respectiv din marginile superioară şi inferioară. La intersecţia liniilor se formează unghiul scoliozei.

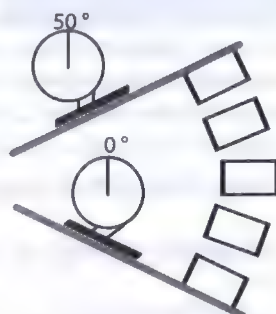


Fig. 11.8 – Metoda Cobb

Pe baza unghiului, scoliozele au fost clasificate în:
- uşoare, cu unghi sub 30°;
- medii, cu unghi între 30 şi 50°;
- grave, cu unghi peste 50°.

Radiografia convenţională prezintă risc crescut de iradiere, dar preţul scăzut o menţine încă în actualitate.

Metodele indirecte moderne permit reconstrucţia tridimensională (3 D) în detaliu a corpului prin recoltarea, din zone şi planuri diverse, a unor date privind structura ţesutului osos şi a ţesuturilor moi (muşchi, nervi, vase sanguine etc.).

Se utilizează:

- *ultrasonografia* este lipsită de riscuri;
- *tomografia computerizată* (TC – computer tomograf scanner);
- *rezonanţa nucleară magnetică* (RMN – magnetic resonance imaging scanner).

TC şi RMN se remarcă prin acurateţea şi rapiditatea datelor furnizate. Pe plan mondial sunt considerate investigaţii de rutină.

Un sistem modern de analiză posturală statică şi biometrică este reprezentat de Morfowin, o instalaţie care se compune dintr-o incintă (dotată cu 3-4 aparate foto) în care este plasat subiectul.

Aparatele fotografiază corpul din incidenţe diferite: faţă, spate şi profil.

Imaginile sunt transmise către un PC, care stochează datele. Un soft adecvat permite măsurarea dimensiunilor corporale şi evaluarea cantitativă a acestora.

Imaginile şi valorile măsurătorilor sunt stocate şi constituie repere pentru examinări viitoare.

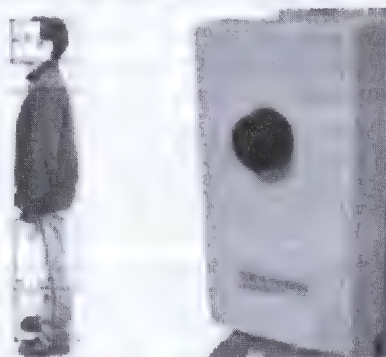


Fig. 11.9 – Morfowin

11.6.2.2. Măsurarea şi evaluarea posturii corporale în condiţii dinamice

Corpul uman este rareori în poziţie statică, şi atunci doar pentru câteva zecimi de secundă, de aceea este necesară înregistrarea amplitudinii mişcărilor în articulaţiile corpului, urmată de analiza posturii în dinamică. Măsurarea şi analiza spaţială şi spaţio–temporală a formelor şi a funcţiilor organismului uman se realizează prin **biostereometrie**, metodă de studiu bazată pe geometrie analitică (P.H. Dangerfield, 2009). Măsurătorile vizează atât poziţiile relative ale segmentelor corporale în cele trei planuri anatomice (3 D), cât şi dimensiunile, suprafaţa şi volumul corpului.

Se descrie o geometrie a mişcărilor, numită geometrie cinematică. ***Metoda cinematică*** oferă posibilitatea descrierii caracteristicilor spaţiale şi temporale ale mişcării, iar ***metoda cinetică*** evidenţiază forţele (interne şi externe) care acţionează asupra corpului omenesc. ***Cinematica inversă*** este un concept utilizat mai ales în evaluarea tridimensională (3 D), prin care se determină în spaţiu cele mai economice poziţii de deplasare a corpului către un anumit punct.

Variabilele cinematice ale mişcărilor sunt spaţiale (distanţe, direcţii, amplitudini) şi temporale (durată, ritm, tempou, viteză sau velocitate).

Caracteristicile temporale implică intervalul dintre începutul şi sfârşitul unei faze sau gest motric. El poate fi analizat şi la nivelul unei articulaţii, pe toată cursa de mişcare sau pe anumite sectoare ale acesteia, apreciindu-se intervalul de timp la care se repetă mişcarea (succesiunea) şi densitatea mişcărilor pe unitatea de timp.

Distanţa şi *sensul traiectoriei de mişcare* (o direcţie are două sensuri), împreună cu *deplasarea angulară* (sensul şi amplitudinea celei mai mici modificări a unghiului articular între poziţia iniţială şi finală), oferă imaginea spaţială a unei mişcări. De exemplu, la trecerea din poziţia stând în aşezat, în articulaţiile şoldului şi ale genunchiului se efectuează simultan o mişcare de flexie (deplasare angulară) de câte 90°, dar în sensuri opuse.

Viteza (velocitatea) reprezintă distanţa parcursă în unitatea de timp (se exprimă în m/s sau grade/s). Se pot calcula velocitatea instantanee (într-un anumit punct, deci pe o perioadă foarte scurtă de timp), viteza medie a distanţei parcurse şi viteza relativă, în cazul unei scheme de mişcare în desfăşurare (de exemplu, determinarea exclusivă a vitezei antebraţului în timpul unei mişcări de aruncare ce implică şi mobilizarea braţului). Velocitatea angulară măsoară deplasarea angulară produsă în unitatea de timp. De exemplu, în timpul aruncării unei greutăţi mari, rotaţia braţului are o viteză angulară mai mică în comparaţie cu aruncarea unei mingi.

Acceleraţia reprezintă modificările la nivelul vitezei, în sensul creşterii sau al scăderii acesteia (decelaraţie); se măsoară în m/s^2 sau în $grade/s^2$). În multe sporturi, succesul este consecinţa scăderii sau creşterii rapide a velocităţii sau a sensului de mişcare. Exemple: lobul sau stopul din tenis, sprintul, contraatacul din jocuri etc. Acceleraţia angulară măsoară schimbările vitezei angulare în unitatea de timp.

Tehnicile de evaluare a posturii corporale în condiţii dinamice implică utiliyarea unor sisteme:

a) *electromagnetice*, în care mişcarea este surprinsă în câmpul electromagnetic emis de o sursă. Un număr de 6–11 senzori, plasaţi în diferite puncte ale corpului, permit determinarea unghiurilor articulare prin metoda cinematică inversă. Dispozitivele au dezavantajul că semnalul emis poate interfera cu obiectele metalice din mediu, amplificând zgomotul pe baza căruia se realizează analiza mişcării. Cu toate acestea, studii experimentale au depistat erori mici, de exemplu sub 2 grade la articulaţia scapulo-humerală (Meskers et al.,1999).

b) *optice*, în care deplasarea punctelor anatomice, evidenţiate prin markeri luminoşi (vezi fig.13.4) sau fosforescenţi, este înregistrată cu aparatură video (între 3 şi 16 camere video). Datele recoltate sunt stocate şi analizate cu softuri performante. Mai nou, achiziţia semnalelor se realizează pe baza diferenţelor de luminozitate, contrast sau culoare (s-a renunţat la markeri cutanaţi din cauza erorilor legate de neconcordanţa între locul de aplicare al acestora şi reperele osoase).

c) *electronice* care permit cuantificarea şi afişarea instantanee pe monitorul unui computer a deplasării segmentelor corporale, a variaţiilor angulare în articulaţii (cinematica) şi a forţelor exercitate la nivelul platformei de presiune pe care se deplasează subiectul (cinetica). Înregistrările realizate sunt filtrate (se extrag doar informaţiile utile), după care

un soft ultraperformant calculează în timp real coordonatele punctelor corporale studiate şi permite vizualizarea sincronizată a graficelor parametrilor cinematici, cinetici şi a activităţii electrice a muşchilor, a inimii sau a creierului (EMG, EKG, EEG), conferind fiabilitate diagnozei. Cantitatea informaţiilor prelucrate este foarte mare, având în vedere că se înregistrează cca 50 imagini/s, în care zeci de repere situate pe articulaţii se deplasează în cele 3 planuri anatomice. Avantajele sistemelor electronice sunt incontestabile şi constau în: reducerea substanţială a timpului necesar măsurătorii, creşterea preciziei, concentrarea informaţiilor morfometrice şi stabilirea unui bilanţ postural obiectiv, cifric, reproductibil.

Măsurarea şi evaluarea posturii corporale în condiţii dinamice are aplicaţii multiple în: sport, medicină, kinetoterapie, biomecanică, ergonomie.

Analiza cinematică şi cinetică poate fi efectuată în timpul mersului, al alergării sau în orice activitate cotidiană sau sportivă, putând fi astfel surprinse şi corectate cele mai mici imperfecţiuni în derularea mişcării sau antrenate cele mai utile unghiuri sau viteze de mobilizare, care conferă tehnicii precizie şi, în final, performanţe.

Analiza biomecanică a unui gest sportiv se realizează printr-un sistem poliarticulat şi are ca scop crearea şi validarea unui model antropometric, care descrie pe baza segmentelor articulare parametrii cinematici ai mişcării în termeni de postură şi deplasare optimă, performantă.

Analiza cinematică şi cinetică a mişcării a permis, la subiecţii cu amputaţii, depistarea unui fenomen interesant, de substituire funcţională a muşchilor îndepărtaţi chirurgical cu alţi muşchi, prin procesul de „învăţare motrică" a efectuării altor mişcări.

Aspecte ale variaţiilor parametrilor cinematici şi cinetici ai mişcării vor fi prezentate şi în capitolele următoare.

Explorarea holografică este o metodă de ultimă oră, care permite obţinerea unor imagini fantomă, tridimensionale fidele, care pot fi analizate şi cinematografic.

Electromiografia (EMG) reprezintă o metodă uzuală de înregistrare a activităţii electrice a muşchilor prin aplicarea unor electrozi pe suprafaţa pielii şi a fost utilizată în studierea posturii dinamice la sportivi după 1990. Astăzi se folosesc sisteme de înregistrare a semnalelor EMG amplificate. Clarys & Cabri (1993) au transformat electromiografia dintr-o metodă descriptivă, într-una practică, în plină dezvoltare. EMG oferă feed-back-ul necesar îmbunătăţirii performanţelor motorii şi investigării efectelor factorilor care influenţează semnalele înregistrate (compoziţia muşchiului, diametrul fibrei musculare, profunzimea fibrelor active etc.).

Accelerometrele sunt instrumente care înregistrează viteza mişcării (a modificării posturii corporale), precum şi distanţa parcursă de corp.

Accelerometrele încorporate în echipamente sportive (încălţăminte, console de joc) sau în obiecte de uz personal (ceasuri, telefoane mobile etc.) reprezintă instrumentele viitorului pentru studierea mişcărilor corpului omenesc.

Cercetările continuă în vederea descoperirii şi altor metode de evaluare şi cuantificare a posturii corporale în stare dinamică.

Investigarea în profunzime a funcţiilor metabolice va creşte în viitor posibilitatea înţelegerii posturii dinamice şi va permite predicţia prognozei şi dirijarea antrenamentelor sportive în vederea obţinerii performanţelor aşteptate, dar şi stabilirea indicaţiilor de apareiaj la persoanele cu dizabilităţi motorii.

11.6.2.3. Evaluarea mobilităţii coloanei vertebrale

Evaluarea se realizează prin utilizarea unor instrumente şi dispozitive. Valorile amplitudinilor articulare se determină prin:

- măsurători centimetrice, exprimate în cm şi realizate cu banda metrică, în urma aplicării unor teste sau probe care constau în efectuarea unor mişcări cu amplitudini maxime;
- goniometrie, exprimate în grade şi realizate cu goniometre de tipul înclinometrului, cifometrului, scoliometrului etc.

Modificările produse în lungimea muşchilor confirmă existenţa unei activităţi dinamice. Pe lângă datele cantitative, cifrice, testarea poate surprinde şi aspecte calitative privind reperarea unor zone de redoare sau monitorizarea senzaţiilor resimţite de subiect după mobilizarea vertebrală (relaxare, contractură, durere etc.).

A. Evaluarea mobilităţii coloanei vertebrale prin măsurători centimetrice

Teste şi probe pentru evaluarea mobilităţii coloanei cervicale

Aprecierea mobilităţii şi a supleţei coloanei vertebrale cervicale se realizează prin măsurarea distanţei dintre:

• tragus şi acromion pentru mişcările de înclinare laterală dreapta-stânga; valoarea normală este zero;

• menton şi acromion, pentru mişcările de rotaţie dreapta-stânga;

• menton şi stern, pentru mişcările de flexie-extensie; valoarea normală este zero în flexie.

• occiput şi perete; distanţa se măsoară în ortostatism, spatele, fesele şi călcâiele fiind lipite de perete; în mod normal, valoarea este zero.

Teste pentru coloana dorso-lombară

Mobilitatea coloanei vertebrale dorso-lombare se apreciază prin următoarele teste:

Testul lui Ott – se efectuează astfel:

- se determină apofiza spinoasă a vertebrei T_1 (reper 1 - R_1);
- se măsoară distal 30 cm;
- se execută apoi flexia maximă a trunchiului, prin care în mod normal distanţa dintre cele două repere creşte cu 3-3,5 cm.

Testul Schöber se efectuează astfel:

- se determină apofiza spinoasă a vertebrei sacrale S_1, situată pe orizontala care uneşte cele două spine iliace postero-superioare (reper 1-R_1);
- se măsoară proximal 10 cm (reper 2-R_2).

Se execută apoi flexia trunchiului, prin care în mod normal distanţa dintre cele două repere creşte cu 5 cm.

Testul Schöber etajat evaluează amplitudinea coloanei dorso-lombare pe cele 4 etaje ale sale (Solar-Gervais, E & Lamarque, F & Hardouin, P. 1994). Pentru aceasta, de la apofiza spinoasă a vertebrei sacrale S_1 se măsoară proximal 15 cm. După executarea mişcării de flexie a trunchiului, distanţa dintre aceste repere creşte, după cum urmează:

- zona lombară 4-5 cm;
- zona dorso-lombară 3-4 cm;
- zona dorsală inferioară 2-3 cm;
- zona dorsală superioară 1-2 cm .

Distanţa degete – sol evaluează atât gradul de mobilitate al coloanei vertebrale prin mişcarea de flexie a trunchiului, cât şi mobilitatea articulaţiilor coxofemurale şi supleţea muşchilor ischiogambieri şi gastrocnemieni. Se măsoară distanţa dintre sol şi vârful mediusului (dactilion); valoarea normală este zero. Deficitul sau excesul de mobilitate se notează cu minus, respectiv cu plus.

Distanţa dactilion-tibial lateral (proeminenţa supero-laterală a epifizei proximale a tibiei) dreapta-stânga permite aprecierea înclinărilor laterale ale coloanei dorso-lombare. Din poziţia stând cu membrele inferioare depărtate 15 cm, membrele superioare pe lângă trunchi, mâna subiectului alunecă de-a lungul feţei laterale a coapsei, până când vârful mediusului atinge punctul tibial lateral. Distanţa se notează cu minus, dacă punctul nu este atins, şi cu plus, dacă este depăşit. Nu există valori normale standardizate, importantă este simetria între cele două părţi.

Testul Schöber inversat investighează mobilitatea coloanei vertebrale pentru mişcarea de extensie, în care distanţa dintre reperele 1(apofiza spinoasă a vertebrei S1) şi 2 (10cm proximal de aceasta) scade cu 1cm.

Testul Elsensohn măsoară extensia globală a coloanei vertebrale prin distanţa stern-perete. Subiectul în poziţia stând cu bărbia şi bazinul sprijinite de perete, fără a depărta bazinul de suprafaţa de sprijin, execută extensia maximă a coloanei vertebrale şi se măsoară distanţa dintre furculiţa sternală şi perete.

Testul Dotte măsoară rotaţia coloanei vertebrale prin distanţa dintre acromion şi spina iliacă postero-superioară. După stabilizarea centurii pelviene (prin adoptarea poziţiei aşezat călare) şi a umerilor (prin apucarea unui baston la ceafă), subiectul execută rotaţii alternative stânga-dreapta. Nu există valori normale standardizate, asimetria dintre părţi indică o eventuală disfuncţie.

Examenul mobilităţii coloanei vertebrale cuprinde şi studiul adaptării coloanei vertebrale la diverse poziţii, precum şi răspunsul acesteia la mişcări – test, numite probe funcţionale. Astfel, în poziţia aşezat, lordoza fiziologică lombară scade sau chiar se şterge. În poziţia decubit dorsal, curburile fiziologice de tip cifotic sau lordotic se reduc.

În mişcarea de flexie a trunchiului, lordoza fiziologică se şterge sau dispare. Aceeaşi modificare se produce şi în cifoza fiziologică, numai că proba funcţională constă în extensia trunchiului.

B. Evaluarea mobilităţii coloanei vertebrale prin goniometrie

Evaluarea mobilităţii prin goniometrie aplicată la nivelul coloanei vertebrale se numeşte ***rahimetrie***.

Acurateţea datelor este net superioară faţă de examenul clinic, precizia fiind comparabilă cu măsurătorile efectuate prin examen radiologic, pe care îl poate înlocui. Evaluarea este utilă sportivilor de performanţă, dar şi pacienţilor cu deformări sau boli artrozice ale coloanei vertebrale.

Goniometrele speciale utilizate pentru măsurarea analitică a unghiurilor de mişcare ale coloanei vertebrale sunt reprezentate de înclinometre (vezi capitolul 9), cifometre şi scoliometre.

Cifometrul apreciază unghiurile curburilor coloanei vertebrale în plan sagital. Se compune din două braţe (seamănă cu un compas) care se plasează în două puncte vertebrale, pe două apofize spinoase între care se formează un unghi. Braţele se unesc la nivelul unui cadran gradat, pe al cărui ecran se citesc direct valorile unghiului vertebral.



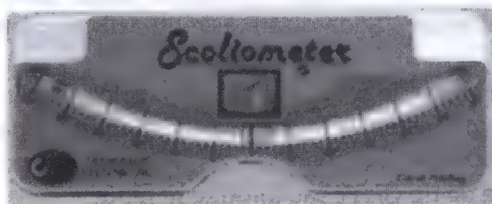
Fig. 11.10 – Măsurarea mobilităţii coloanei vertebrale cu înclinometrul

Unghiul cifozei toracale se măsoară între vertebrele T_1 şi T_{12}, iar al lordozei lombare între T_{12} şi L_1. Valorile normale sunt de 20-45°pentru cifoză, respectiv minus 40-60° pentru lordoza lombară.

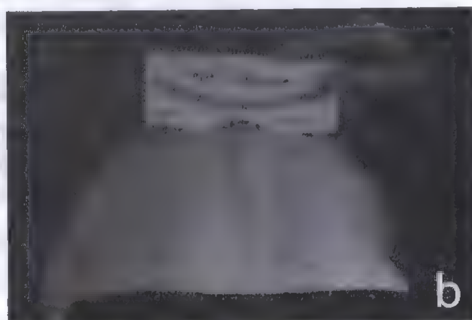
Valorile unghiurilor variază cu fazele mecanicii respiratorii astfel: sunt mai mici în inspir şi mai mari în expir. Unghiul lombar este influenţat şi de dimorfismul sexual: este mai mare la femei comparativ cu bărbaţii.

De-a lungul vieţii, unghiurile suferă modificări datorate scăderii elasticităţii discurilor intervertebrale şi demineralizării vertebrelor.

Scoliometrul este un goniometru specializat utilizat pentru studiul coloanei scoliotice, mai precis pentru măsurarea unghiurilor gibozităţilor vertebrale la nivel toracic şi lombar din poziţia stând cu trunchiul înclinat anterior.



a



b

Fig. 11.11 – a) Scoliometru; b) Măsurarea mobilităţii coloanei vertebrale cu scoliometrul

Unii experţi consideră că este un instrument care poate fi utilizat pentru testarea screening şi dirijarea subiecţilor depistaţi cu valori mai mari sau egale cu 5° către servicii de radiologie, pentru evaluări suplimentare. S-a constatat că un unghi al gibozităţii vertebrale cu valoarea menţionată corespunde unui unghi măsurat radiografic prin metoda Cobb mai mare de 10°, ceea ce confirmă precizia măsurătorii.

11.7. Examenul podoscopic şi podometria

Examenul podoscopic se realizează din poziţia stând în spijin stabil, bipodal, cu picioarele depărtate la 15 cm şi paralele. Este poziţia de referinţă din care se vor efectua evaluări în dinamică. Diagosticul nu se stabileşte pe baza unei singure determinări a amprentei plantare.

Podoscopia se realizează cu ajutorul podoscopului, care funcţionează pe principiul reflexiei luminii. Acesta este compus dintr-un suport în formă paralelipipedică. Pe baza de jos a acestuia sunt montate două oglinzi dispuse în unghi de 45°. Baza de sus este prevăzută cu un geam mat pe care subiectul este poziţionat în ortostatism.

Podoscopul permite obţinerea unei imagini directe şi precise a amprentelor plantare (fig. 11.12).

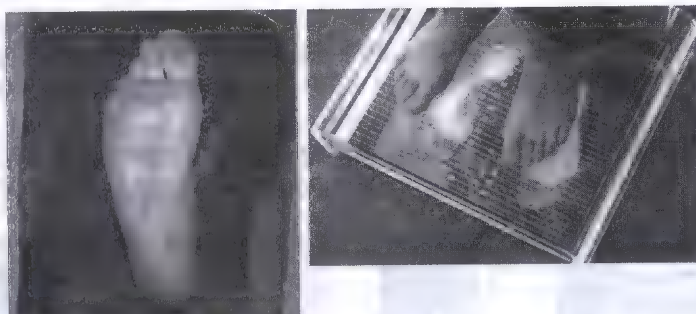


Fig. 11.12 – Podoscopie – amprentă plantară



Presiunile exercitate pe suprafaţa plantelor provoacă hipoirigaţie în punctele de sprijin. Pe baza reflexiei luminii se creează un contrast alb în comparaţie cu zonele neîncărcate ale piciorului, sesizabil la nivelul bazei superioare a podoscopului.

Fotografierea amprentelor plantare (fotopodograma) cu aparate foto de tip polaroid permite obiectivizarea evoluţiei suprafeţei de sprijin după aplicarea unui corector plantar (orteză podologică).

Podografia se realizează cu ajutorul podografului barometric (baropodometrie). Acesta constă dintr-un covor de cauciuc, care prezintă pe faţa internă un cadrilaj cu diferite reliefuri impregnate cu un tuş special.

În poziţia stând, prin presiunile exercitate asupra bazei de susţinere, amprentele plantare se imprimă pe o hârtie dispusă sub covor.

Valorile diferite ale încărcării piciorului în funcţie de arhitectura piciorului, inclusiv a degetelor, vor imprima în mod diferit hârtia, în funcţie de intensitatea presiunilor.

Astfel, sunt înregistrate presiunile minime şi maxime suportate de fiecare zonă a suprafeţei plantare.

Podografia este o metodă precisă în statică şi mai puţin precisă în dinamică, deoarece produce supraîncărcarea degetelor în momentul efectuării pasului.

Podometria electronică necesită un echipament informatic performant. Se efectuează cu podoscopul (prevăzut cu senzori de presiune şi conectat la un PC) (fig. 11.13), podometrul electronic sau cu platforme podometrice. Se evaluează în stare statică (amprenta statică) şi dinamică (în mers) relaţia dintre suprafaţa plantară şi suprafaţa de sprijin sau deplasare.

Repartiţia încărcărilor (cartografia presiunilor plantare) este direct vizibilă pe ecran prin contrastul de culoare (termografie). Analiza sprijinului se realizează prin softuri speciale, prin coduri de culoare şi prin sistem de haşurări.



Fig. 11.13 – Podometrie electronică

Se poate utiliza şi un covor rulant cu control video, interconectat la un computer (vezi mersul). Softuri performante speciale permit:

- vizualizarea şi monitorizarea presiunilor maxime exercitate la nivelul plantei în stare statică; fiecare punct al amprentei corespunde unui anumit procentaj din presiu-

nea maximă; astfel pot fi reperate şi cuantificate zonele de hipo sau hipersprijin;
- identificarea centrilor de greutate în stare statică;
- determinarea modului de repartiţie a presiunilor în timpul mer-sului prin scanarea bolţii plantare (încărcarea este în creştere în timpul sprijinului unipodal);
- vizualizarea modului alternativ de „aşezare" a picioarelor pe suprafaţa de deplasare, prin raportare la linia de progresie;
- calcularea duratei mişcărilor care compun pasul dublu (durata sprijinului unipodal este de 5 ori mai mare decât a celui bipodal);
- controlul echilibrului prin vizualizarea deplasării centrilor de greutate în timpul mersului;
- controlul echilibrului prin vizualizarea deplasării centrilor de greutate, cu reducerea controlului senzorial: mers cu ochii închişi, mers cu capul flectat/extins etc.

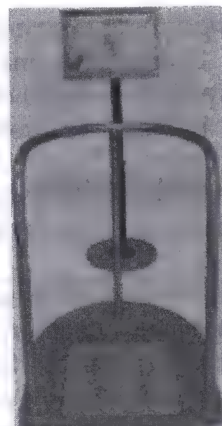




Fig. 11.14 – Podotest şi încălţăminte specială utilizată pentru examinare

Analiza suprafeţelor plantare în stare statică şi în locomoţie permite depistarea disimetriilor de sprijin şi corectarea lor prin orteze plantare, urmată de reprogramare posturală şi permanentizarea poziţiei corectate.

Sistemele de podometrie pot realiza un feed-back personalizabil, cu vizualizarea exerciţiilor de reprogramare posturală şi obiectivarea evoluţiei sub tratament prin comparare cu diferite imagini înregistrate.

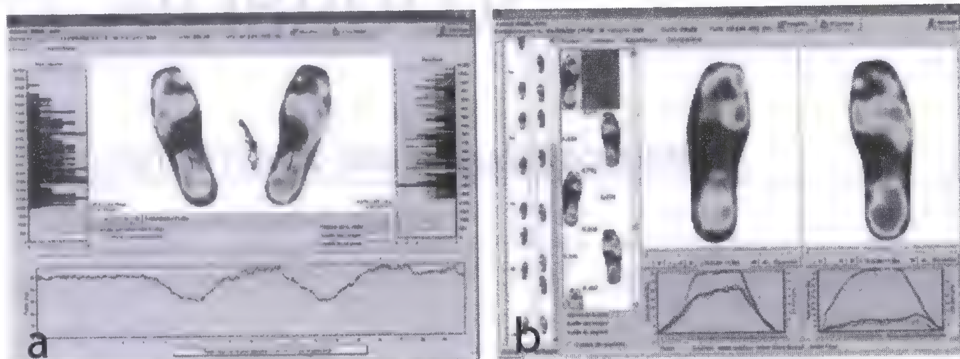


Fig. 11.15 – Analiza statică a sprijinelor plantare (Podotest): a) Statokinezigramă; b) curbe de presiune

Ortezele plantare au următoarele efecte:
- amortizarea zonelor cu suprasarcină;
- modificarea repartiţiei sarcinilor.

Importanţa examenului podoscopic

Distribuţia optimă a sarcinilor pe suprafaţa de sprijin este de o importanţă hotărâtoare în activitatea sportivă.

Încălţămintea trebuie să asigure atât amortizarea şocurilor, cât şi distribuţia optimă a sarcinilor în sprijin sau alergare. Îndeplinirea acestor condiţii este în măsură să îmbunătăţească performanţele şi să prevină eventualele traumatisme sau inflamaţii ale structurilor ligamentare, articulare, musculare sau osoase (tendinite, sinovite, periostite etc.).

În mers, încărcarea antepiciorului produce uneori un conflict cu pereţii încălţămintei, antrenând modificări ale axelor piciorului. Acestea sunt responsabile în timp de apariţia unor modificări morfologice osteoarticulare, care schimbă repartiţia şi valoarea încărcării piciorului. Mişcările executate de anumite grupe musculare sunt deviate şi agravează dezaxările. Cel mai frecvent apare halux valgus.

Capitolul 12

METODE ŞI TEHNICI DE INVESTIGARE A ECHILIBRULUI

12.1. FACTORI PRIVIND CONDIŢIONAREA ECHILIBRULUI

12.2. EVALUAREA ECHILIBRULUI

12.1. Factori privind condiţionarea echilibrului

Echilibrul este o condiţie mecanică indispensabilă motricităţii, deoarece asigură stabilitatea poziţiilor (postura) şi orientarea mişcărilor în spaţiu, fiind solicitat în activităţile casnice, profesionale şi sportive.

În condiţii statice, menţinerea echilibrului se realizează când proiecţia centrului de gravitaţie se situează în interiorul bazei de susţinere, indiferent de poziţia segmentelor corpului.

Postura se caracterizează printr-o oscilaţie permanentă, care deplasează proiecţia centrului de gravitaţie pe sol cu o frecvenţă de 5-6 cicli/min. În obscuritate (cu ochii închişi), oscilaţiile cresc cu 50%.

Când axul corpului variază cu mai puţin de 4° în raport cu verticala, se declanşează mecanisme corectoare sub forma reacţiilor posturale anticipate, tonice (reflexe miotatice). Peste 4° apar reflexele de echilibrare dinamică (reacţii de balans, reflexe de deplasare sau păşire laterală). Aceste reacţii adaptative corespund celor două forme de echilibru: static şi dinamic.

Controlul posturii şi al echilibrului se realizează simultan. Aferenţele provin de la trei tipuri de receptori: vizuali, labirintici şi somestezici (cutanaţi şi mioarticulari), la care se adaugă o nouă sursă recent descoperită (Mittelstaedl, 1996) provenind de la receptori Golgi şi din capsula renală (furnizează informaţii în legătură cu greutatea corporală şi gravitaţia).

Celulele cu conuri şi bastonaşe din retină sunt fotoreceptori care captează informaţiile vizuale şi permit orientarea în spaţiu în raport cu reperele verticalităţii. Receptorii labirintici din urechea internă (otolite şi canale semicirculare) joacă cel mai important rol în controlul postural; recepţionează informaţii privind acceleraţiile liniare şi angulare ale corpului, asigurând orientarea spaţială în raport cu gravitaţia. Receptorii somestezici cutanaţi, situaţi în epiderm şi derm, sunt stimulaţi de forţa gravitaţională şi generează în poziţia stând apariţia senzaţiei de presiune, la contactul suprafeţelor plantare cu solul. Proprioceptorii mioarticulari, reprezentaţi de fusurile neuro-musculare şi organele tendinoase Golgi, intervin în întreţinerea şi reglarea tonusului muscular, în timp ce receptorii articulari sunt sensibili la poziţia, direcţia, viteza şi acceleraţia mişcărilor articulare.

Toate aceste informaţii sunt transmise structurilor centrale (cerebel, nuclei vestibulari, substanţă reticulată, emisfere cerebrale), care comandă răspunsuri musculare adecvate.

Orice perturbare a circuitului receptori–căi de transmitere–centri nervoşi afectează mecanismele care asigură echilibrul static şi dinamic al corpului. Dintre stările patologice responsabile de modificări ale echilibrului amintim: tulburări de vedere, ale urechii interne (microtraumatisme, inflamaţii, fenomene degenerative etc.), ale posturii prin afectări motrice (hemiplegii sau hemipareze, paraplegii sau parapareze), musculare (miopatii), osteo-articulare (fracturi, artroze, osteoporoză), nervoase (polinevrite), leziuni la nivelul encefalului şi al cerebelului, tulburări metabolice şi vasculare (hipercolesterolemie, hipertensiune arterială) etc. La vârstnici, echilibrul este afectat din cauza suferinţelor

ortopedice sau reumatismale degenerative, a degradării vederii sau a sistemului labirintic. Pierderile de echilibru se însoţesc de: fosfene, acufene, vertij, greţuri, căderi etc.

Stările patologice care generează tulburări ale echilibrului trebuie tratate şi/sau compensate printr-o schemă corporală în măsură să contracareze dezechibrările.

12.2. Evaluarea echilibrului

Evaluarea vizează echilibrul static şi dinamic şi se realizează cu sau fără instrumente speciale, în funcţie de care aplicăm:

a) teste clinice;

b) metode instrumentale.

În sens strict fizic, echilibrul nu poate fi măsurat. „Nu trebuie confundat echilibrul cu stabilitatea" (A. Thomas,1940). Echilibrul poate fi definit ca o stare limită ideală către care tinde omul în poziţie ortostatică.

12.2.1. Teste clinice de evaluare a echilibrului

a) Evaluarea echilibrului static

Echilibrul static se evaluează printr-o serie de teste consacrate clinic, dintre care amintim: testul Romberg, testul echilibrului monopodal, testul funcţional de prindere (functional reach test Duncan) etc.

Testul Romberg investighează echilibrul în poziţia stând, membrele inferioare apropiate, membrele superioare pe lângă trunchi sau orientate în plan anterior (coatele extinse). Se execută cu ochii deschişi şi închişi (se reduce controlul senzorial, numai dacă subiectul poate menţine poziţia de testare cu ochii deschişi). Se apreciază timp de 60 de secunde pierderea sau încercările de menţinere a echilibrului (redresările) prin oscilaţii excesive sau prin păşire. În leziuni vestibulare se observă devierea laterală în partea afectată. În mod normal, cu ochii deschişi sau închişi, subiectul nu prezintă deviaţii sau căderi.

Testul Romberg sensibilizat evaluează echilibrul din poziţia stând cu un picior în faţa celuilalt (se reduce suprafaţa de sprijin); se execută cu ochii deschişi sau închişi. Poziţia se menţine 60 de secunde. Este interpretat ca şi testul Romberg.

Testul echilibrului prin sprijin unipodal. Din ortostatism, membrele superioare încrucişate, menţinute pe torace, se solicită subiectului să flecteze un genunchi şi să menţină poziţia de sprijin unipodal timp de 30 de secunde. Subiectul poate alege membrul inferior de sprijin. Testul se execută cu ochii deschişi şi apoi închişi. La vârstnici, menţinerea sprijinului sub 5 secunde evidenţiază risc crescut de cădere.

În cazul sportivilor, testul se execută cu sprijin alternativ pe membrele inferioare, iar echilibrul trebuie menţinut o perioadă de timp cât mai lungă.

Testarea echilibrului prin sprijin unipodal poate fi efectuată ***pe o platformă de forță statică***, interconectată cu un PC. Un soft special permite calculul componentei verticale a centrului de gravitaţie. Se calculează viteza de balansare a centrului de gravitaţie în grade/secundă.

Testul funcţional de prindere (Functional reach test Duncan). Subiectul în ortostatism, se înclină în plan anterior, cu membrul superior extins din cot, mimând mişcarea de apucare a unui obiect aflat cât mai departe, încercând să-şi menţină echilibrul. Se măsoară în centimetri distanţa maximă posibilă. Interpretare: între 5 şi 15 cm riscul de cădere este multiplicat cu 2, de la 5 la 15 cm cu 4, iar sub 5 cm cu 8.

Testul Flamingo din cadrul bateriei de teste „Eurofit" evaluează numărul de încercări necesare subiectului pentru a-şi menţine echilibrul timp de 1 minut în poziţia stând în sprijin unipodal, pe piciorul preferat, orientat pe axa longitudinală a unui suport de echilibru cu următoarele dimensiuni: 50 cm lungime, 4 cm înălţime şi 3 cm lăţime; membrul inferior opus este flectat din genunchi şi prins înapoi de gleznă, cu mâna de aceeaşi parte. Se notează numărul total de dezechilibrări. După fiecare dezechilibrare, constând în reluarea sprijinului bipodal, se acordă o penalizare de 1 punct; se reia execuţia până la expirarea unui minut. La 5 încercări reuşite de câte 1 minut se acordă 5 puncte. 15 întreruperi în primele 30 secunde impun întreruperea testului şi acordarea a 0 puncte (subiectul este incapabil să execute testul).

b) Evaluarea echilibrului dinamic

Testul Bass este cel mai utilizat în activităţile motrice. Se marchează pe sol, la anumite distanţe (în funcţie de vârstă), un număr de 10 spaţii (cercuri). Din poziţia stând pe un picior, se solicită subiectului să efectueze o săritură, să aterizeze în spaţiul următor pe celălalt picior şi să-şi menţină echilibrul timp de 5 secunde. Se succed desprinderi şi aterizări alternative până se parcurge întregul traseu. Piciorul de aterizare trebuie să acopere zona marcată (cercul).

Se acordă câte 5 puncte pentru fiecare aterizare şi acoperire a spaţiului marcat şi 1 punct pentru fiecare secundă de menţinere a echilibrului. Punctajul maxim obţinut este 100.

Testul Fukuda evaluează deviaţiile subiectului de la linia imaginară de mers în timpul deplasării, cu ridicarea alternativă a genunchilor de 50 de ori, ochii fiind acoperiţi. O deviaţie mai mică sau egală cu 30° este considerată normală. În cazul unei afectări labirintice unilaterale, deviaţia depăşeşte 30° de partea leziunii. Testul se poate aplica în diverse variante, cu condiţia etalonării pentru diferite grupe de subiecţi.

O variantă a testului Fukuda presupune trasarea a două cercuri concentrice cu diametrul de 1, respectiv 2 m, divizate în sectoare de 30°. Subiectului, plasat în centrul cercurilor, i se solicită să execute 100 de paşi, fără control vizual (cu ochii închişi) şi cu membrele superioare orientate în plan anterior (coatele extinse). Se evaluează deviaţia de la linia imaginară de mers, care în mod normal va fi mai mică sau egală cu 45°. Valori mai mari de 45° indică existenţa unei disfuncţii labirintice de partea deviaţiei.

Testul „ridică-te şi mergi" („go up and go", propus de Mathias et al.) evaluează echilibrul în timpul unor sarcini motrice uzuale. Testul a fost validat prin compararea rezultatelor cu date furnizate de studii posturologice efectuate pe o platformă de forţă.

Din poziţia aşezat confortabil pe un scaun cu spătar, plasat la 3 metri în faţa unui perete, subiectul este invitat să execute testul, care se compune din următoarele faze:

- se ridică de pe scaun;
- menţine ortostatismul câteva secunde;
- se deplasează până la perete (3 m);
- se întoarce 360°, fără să atingă peretele;
- revine în dreptul scaunului;
- se întoarce 360°;
- se aşază pe scaun.

Interpretare: rezultatele sunt exprimate pentru fiecare fază, prin raportare la o scală de la 1 la 5 (tabelul 12.1).

Tabelul 12.1 – Interpretare test „go up and go"

Cotaţie	Interpretare
1	nu există instabilitate (normal)
2	uşoară instabilitate, execuţie lentă (deficit uşor)
3	ezitări, mişcări compensatorii ale trunchiului şi ale membrelor (deficit mediu)
4	poticneli în execuţie (deficit important)
5	dezechilibrare severă, risc permanent de cădere (deficit sever)

Un scor mai mare sau egal cu 3 pentru fiecare fază evidenţiază un risc important de cădere, care impune vigilenţă din partea supraveghetorilor.

Acelaşi test se poate efectua şi contracronometru, situaţie în care se numeşte ***„timed up and go"***. Timpul mediu exprimat în secunde este de 15 (cu limite între 5 şi 41 de secunde).

Interpretarea duratei de execuţie este următoarea: sub 20 de secunde nu sunt limitări pentru activităţi cotidiene; între 20 şi 29 de secunde se consideră mobilitate redusă, cu limitare funcţională; peste 30 de secunde – limitare severă a mobilităţii, care impune asistenţă medicală.

Un studiu recent a determinat pragul de normalitate la 12 secunde, limită care va fi probabil utilizată în prescrierea unui program de reeducare şi a unui ajutor de mers (Haute Autorité de Santé, Franţa).

Proba Tinetti este mai precisă decât „get up and go test". A fost validată în raport cu testele de posturografie, deoarece prezintă sensibilitate şi fiabilitate satisfăcătoare şi conţine itemi cu dificultate progresiv crescătoare. În evaluare se poate semnala dacă

pacientul a efectuat proba până la un anumit item. Prin proba Tinetti se evaluează atât echilibrul (prin 13 itemi), cât şi mersul (9 itemi).

Există mai multe versiuni ale testului, modificările fiind aduse de practicieni. Ca urmare, scorul total are valori diferite. Noi prezentăm varianta originală, pe o scală de la 1 la 3, în care: 1 = echilibru stabil, 2 = instabilitate parţial compensată şi 3 = instabilitate permanentă, echilibrul nu va putea fi atins niciodată. Proba este indicată persoanelor vârstnice.

Echilibrul static se evaluează pe baza următorilor itemi:
- echilibrul în poziţia aşezat pe scaun, trunchiul drept;
- se ridică de pe scaun, dacă este posibil fără ajutorul braţelor;
- echilibrul în ortostatism, imediat după adoptarea poziţiei (primele 5 secunde);
- echilibrul în poziţia stând, picioarele apropiate, ochii deschişi;
- echilibrul în poziţia stând, picioarele apropiate, ochii închişi;
- în poziţia stând, răsucire 360°;
- în poziţia stând, picioarele apropiate, rezistenţa la dezechilibrare prin 3 presiuni succesive pe stern provocate de examinator;
- echilibrul în poziţia stând, după rotaţia capului spre dreapta;
- echilibrul în sprijin unipodal timp de 5 secunde;
- echilibrul în ortostatism, cu capul în hiperextensie;
- pacientul încearcă să apuce un obiect suspendat de tavan;
- pacientul ridică un obiect aflat pe podea, în faţa sa;
- echilibrul în timp ce adoptă poziţia aşezat.

Evaluarea mersului se realizează pe baza următorilor itemi:
- echilibrul imediat după iniţierea deplasării, la semnalul dat de examinator;
- evaluarea lungimii alternative a paşilor (dreapta-stânga);
- evaluarea înălţimii alternative a paşilor (dreapta-stânga);
- evaluarea simetriei alternative a paşilor faţă de linia mersului;
- evaluarea cadenţei paşilor;
- capacitatea de a merge în linie dreaptă;
- execuţia unui viraj în timpul mersului;
- evaluarea stabilităţii trunchiului;
- lăţimea paşilor.

Tinetti nu preconizează normalul pentru înălţimea, lungimea sau lăţimea paşilor. Recomandăm interpretarea individuală, în dinamică a parametrilor evaluaţi sau comparativ cu subiecţi de aceeaşi vârstă, cu aceeaşi afecţiune şi în acelaşi stadiu evolutiv.

Berg Balance Scale (testul Berg, K.O. et al, 1992) se compune din 14 itemi funcţionali ai vieţii cotidiene şi este utilizat pentru evaluarea echilibrului; are valoare predictivă pentru riscul de cădere, mai ales la bolnavi neurologici, cu sechele după accidente vasculare cerebrale.

Din poziţie ortostatică, subiectul execută următoarele:
- se ridică din poziţia aşezat;

– menţine ortostatismul fără ajutor;
– adoptă poziţia aşezat fără ajutor;
– menţine poziţia aşezat;
– se transferă de pe un scaun pe altul;
– menţine ortostatismul fără control vizual;
– menţine ortostatismul cu membrele inferioare apropiate;
– menţine ortostatismul cu membrele superioare întinse înainte;
– ridică un obiect de pe podea;
– priveşte înapoi;
– se întoarce 360°;
– „ridică" alternativ câte un membru inferior şi sprijină piciorul pe un taburet;
– „tandem standing";
– menţine ortostatismul în sprijin unipodal.

Scala de evaluare este între 1 şi 4 (tabelul 12.2).

Tabelul 12.2 – Interpretare Berg Balance Scale

Cotaţie	Interpretare
1	incapabil să execute
2	capabil, dar cu ajutor
3	capabil, dar nesigur
4	capabil, execută cu siguranţă

Scorul total este de 56 de puncte. Un scor mai mic de 45 indică risc de cădere. Testul se execută în 15 minute.

Testul dublei sarcini evaluează efectele unei sarcini suplimentare atenţionale asupra echilibrului în timpul mersului. Dacă persoanei i se solicită să vorbească în timp ce merge, oprirea pentru executarea noii sarcini este predictivă pentru riscul de cădere (stop walking when talking test).

Un alt tip de sarcină dublă constă în solicitarea intercalării unor perioade de deplasare înainte cu perioade de deplasare înapoi, la un anumit număr de paşi. Acestea pot perturba parametrii spaţio-temporali ai mersului, ceea ce evidenţiază fragilitatea automatismelor. Testele sunt indicate în special persoanelor vârstnice.

Stress test a fost introdus de Wolfson şi dezvoltat de Chandler et al. Acest test studiază echilibrul în timpul aplicării unor forţe de dezechilibrare. Printr-un sistem de scripeţi, a căror greutate reprezintă 1,5 sau 3 sau 4,5% din greutatea corporală a subiectului testat, în funcţie de înălţimea acestuia, se produc dezechilibrări bruşte. Reacţiile de redresare ale subiectului se înscriu pe o scală largă de la 0 (fără reacţie) până la 9 (ajustări posturale minime). Scorul scăzut indică prezenţa unor tulburări importante de echilibru.

Evaluarea vitezei de mers, a ***lungimii*** şi a ***cadenţei paşilor*** reprezintă itemi ai riscului de pierdere a echilibrului.

Scala de evaluare a mersului (Gait abnormality rating scale, GARS) evaluează echilibrul în timpul mersului; scala a fost propusă de Wolfson et al. şi are 16 itemi. Testul se

bazează pe analiza înregistrării video a mersului. Scala de evaluare este de la 0 (reprezintă valoarea normală) la 3 (mers defectuos). Scorul total crescut evidenţiază un mers neadaptat, cu o lungime mică a pasului şi cu o viteză redusă de deplasare.

În diferite ţări, persoanele de peste 60 de ani, cu deficienţe fizice sunt supuse unei baterii de 4 teste, pe baza cărora se decide dacă se pot autoîngriji sau beneficiază de asistenţă permanentă în centre specializate. Aceste teste sunt: Berg Balance Test, Up and Go Test, testul de mers pe o durată de 6 minute (evaluează rezistenţa la efort), viteza confortabilă de mers, la care se adaugă, după caz, şi viteza de mers rapid.

Performanţele motrice scad cu vârsta. Valorile normale, pe grupe de vârstă, în perioada de senectute sunt prezentate în tabelul 12.3.

Tabelul 12.3 – Testarea echilibrului dinamic – valori normale în perioada de senectute

Testul (unitatea de măsură)	Vârstă/Sex					
	60 - 69 ani		70 - 79 ani		80 - 89 ani	
	Bărbaţi	Femei	Bărbaţi	Femei	Bărbaţi	Femei
Berg Balance Test (puncte)	55 (+/- 1)	55 (+/- 2)	54 (+/- 3)	53 (+/- 4)	53(+/- 2)	50 (+/- 3)
Up and Go Test-secunde	8 (+/- 2)	8 (+/- 2)	9 (+/- 3)	9 (+/- 2)	10(+/- 1)	11 (+/- 3)
Testul de mers (nr. metri parcurşi)	572 (+/- 92)	538 (+/-92)	527 (+/- 85)	471 (+/-75)	417 (+/- 73)	392 (+/- 85)
Viteză confortabilă de mers (m/s)	1,59 (+/- 0,24)	1,44 (+/- 0,25)	1,38 (+/- 0,23)	1,33 (+/- 0,12)	1,21 (+/- 0,18)	1,15 (+/- 0,21)
Mers rapid – viteza medie în condiţii accelerate (m/s)	2,05 (+/- 0,31)	1,87 (+/- 0,30)	1,83 (+/- 0,44)	1,71 (+/- 0,26)	1,65 (+/- 0,24)	1,59 (+/- 0,28)

Testele clinice de evaluare a echilibrului se pot sistematiza pe etape, astfel (Weber et al., 2007):

• echilibrul neperturbat poate fi studiat prin: testul Romerg (cu diverse variante ochi deschişi/închişi, membrele superioare pe lângă trunchi sau orientate înainte) sau prin sprijin unipodal;

• limitarea echilibrului se apreciază prin: testul funcţional de prindere (Functional reach test Duncan) şi testul Wolfson (stress test);

• teste mai elaborate, propuse pentru aprofundarea capacităţii de echilibru: testul Tinetti (la persoanele vârstnice) sau testul Berg în patologia neurologică.

Functional reach test, Tinetti test şi „go up and go" au făcut obiectul evaluării unor subiecţi cu dezechilibrări şi căderi în antecedente. Rezultatele au evidenţiat că per-

soanele vârstnice cu cele mai bune performanţe nu au înregistrat diferenţe notabile comparativ cu populaţia tânără.

12.2.2. Metode instrumentale

Tehnicile moderne de evaluare instrumentală a mişcării oferă posibilitatea cuantificării efectelor patologiei implicate în tulburările de echilibru şi mers şi instituirea strategiilor de recuperare/reeducare pe baze coerente, ştiinţifice.

Stabilometria reprezintă o metodă de evaluare obiectivă, fiabilă a posturii (echilibrului static) şi a echilibrului dinamic. Ea a permis stabilirea limitelor normale ale unor parametri, statistic validaţi, ca repere obiective în diagnosticul tulburărilor de stabilitate.

Primul care a obiectivat prezenţa oscilaţiilor permanente ale corpului în poziţie ortostatică a fost germanul Vierordt (1880), iar prima platformă de stabilometrie a fost construită în 1953 de către Ranquet.

Platforma de stabilometrie permite determinarea unor poziţii şi a oscilaţiilor în jurul centrului de gravitaţie al corpului, pe de o parte şi a centrului de presiune pe suprafaţa platformei, pe de altă parte. Centrul de presiune reprezintă punctul de aplicaţie al forţelor de reacţie care se opun deplasării pe platformă sub impulsia masei corporale.

Măsurarea valorii medii a centrului de gravitaţie scoate în evidenţă stabilitatea corpului şi, în mod indirect, echilibrul. Cu datele înregistrate se alcătuieşte o stabilogramă.

Platformele de stabilometrie sunt de diverse tipuri.

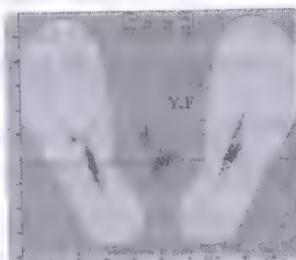
Platforma electronică Stabilotest (fig. 12.1) înregistrează valori care vor fi stocate şi apoi analizate prin softuri speciale de evaluare în relaţie cu alte softuri de reeducare, care propun diverse protocoale de recuperare. Pacientul plasat pe platformă, în faţa ecranului unui PC sau videoproiector, efectuează exerciţii cu feed-back vizual.

Platforma electronică Equiboard (fig. 12.2) este instabilă şi reprezintă un sistem de cuantificare şi reeducare a echilibrului şi propriocepţiei. Datele înregistrate sunt transmise unui computer prin tehnologie bluetooth. Analiza oscilaţiilor platformei prin softuri de evaluare permite cuantificarea echilibrului în sprijin bi- şi unipodal, precum şi evoluţia capacităţilor de echilibrare şi propriocepţie la pacienţi sau sportivi, după un program de reeducare sau după un antrenament. Reeducarea echilibrului se poate realiza prin softuri speciale cu feed-back vizual.

Platformele de presiune foot scan 3D (fig. 12.3) reprezintă o tehnologie avansată de înaltă precizie, care măsoară presiunile plantare în condiţii statice şi dinamice, în context sportiv, clinic sau de cercetare ştiinţifică. Aparatele pot fi adaptate studiilor de stabilometrie, dar şi analizei mersului, a alergării şi a săriturilor. Prin această metodă se detectează mişcările patologice, defectele de sprijin plantar, de derulare a pasului şi se propune modul ideal de corecţie.







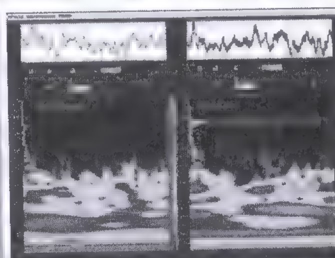


Fig. 12.1 – Stabilotest

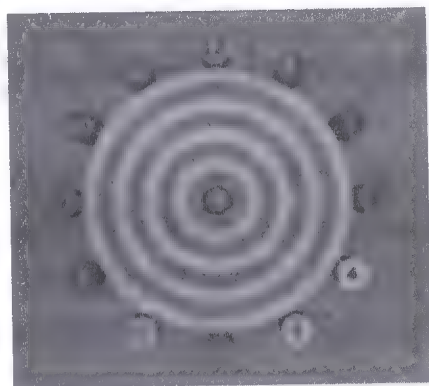


Fig. 12.2 – Platforma electronică Equiboard



Fig. 12.3 – Platformă de presiune plantară 3 D

Aplicaţiile vizează monitorizarea atât a sportivilor în timpul antrenamentelor (măsoară presiunile plantare în încălţăminte şi stabilesc relaţia dintre încălţăminte şi ortezele plantare în mers, alergare, ciclism etc.), cât şi a pacienţilor în cursul sau după efectuarea programelor de reeducare, care pot fi executate şi cu retrocontrol vizual.

Goniocorpografia evaluează echilibrul prin fotografierea deplasării unor repere luminoase fixate pe diferite părţi ale corpului.

Electromiografia telemetrică furnizează date privind activitatea musculară în condiţiile efectuării unor sarcini motrice în laborator sau pe teren.

Sisteme informatice permit studiul deplasării, al vitezei, al acceleraţiei şi al altor parametri în funcţie de complexitatea softurilor.

Unele date recoltate prin evaluare instrumentală în cursul activităţilor cotidiene sunt în acest moment controversate; specialiştii apreciază că explorările funcţionale nu şi-au dovedit superioritatea în raport cu testele clinice de predicţie a riscului de pierdere a echilibrului.

Continuă cercetările privind descoperirea unor noi tehnici de măsurare a echilibrului, bazate pe noi tehnologii sau analize ale semnalului stabilometric.

Capitolul 13

METODE ŞI TEHNICI DE INVESTIGARE A MERSULUI ŞI A ALERGĂRII

13.1. MERSUL

13.2. ALERGAREA

13.1. Mersul

13.1.1. Definiţie

Mersul este o deprindere motrică prin care se realizează în mod obişnuit locomoţia. Ca activitate motorie voluntară, mersul se învaţă, se perfecționează treptat pentru a permite deplasarea automată, stereotipă (mişcare cu randament maxim şi cu cel mai economic consum energetic) şi în totală independenţă faţă de mediu. Aceasta presupune adaptarea morfologică a aparatului locomotor şi coordonarea perfectă a mişcărilor membrelor şi ale întregului corp. Mersul constă din dezechilibrări şi reechilibrări permanente, prin care corpul se adaptează suprafeţei de sprijin şi mediului înconjurător.

Succesiunea ciclică a paşilor, coordonarea şi armonia mişcărilor fac din mers un model unic de activitate motrică specific umană. Una dintre caracteristicile esenţiale este contactul permanent cu solul, prin sprijin bi- sau unipodal, ceea ce conferă siguranţă deplasării şi precizie orientării spaţiale.

13.1.2. Elemente şi parametri generali ai mersului

Efectuarea mersului angajează în mod armonios şi coordonat toate segmentele corpului omenesc, începând cu capul, gâtul, umerii, membrele superioare, trunchiul şi încheind cu membrele inferioare, care realizează mersul propriuzis.

În mersul normal, membrele inferioare se deplasează alternativ şi constant, realizând funcţia de sprijin şi propulsie.

Elementele mersului normal sunt:

a) Suportul antigravitaţional al corpului asigurat de reflexele antigravitaţionale, care realizează extensia trunchiului, a coapselor şi a genunchilor; aceste reflexe sunt influenţate de poziţia capului şi a gâtului.

b) Păşitul este componenta de bază a mersului, are centrul reflex în mezencefal, iar stimulii declanşatori sunt reprezentaţi de:

- contactul plantei cu o suprafaţă plană;
- înclinarea corpului, dintr-o parte în alta, la transferul greutăţii de pe un membru inferior pe celălalt.

c) Echilibrul constă în păstrarea direcţiei mişcării, deşi poziţia centrului de gravitaţie a corpului se modifică în permanenţă prin balans, care reprezintă transferul greutăţii de pe un membru inferior pe celălalt.

d) Propulsia se realizează prin înclinarea antero - laterală a corpului şi precede sprijinul unipodal.

Mersul, ca şi postura, necesită în permanenţă informaţii vizuale, activarea funcţiilor vestibulare şi proprioceptive, acestea din urmă fiind de maximă importanţă.

Parametrii generali ai mersului

a) Ciclul mersului este reprezentat de pasul dublu, compus din totalitatea mişcărilor efectuate între două sprijine succesive ale aceluiaşi picior. Pasul dublu se compune din doi paşi simpli şi reprezintă unitatea de mişcare în timpul mersului.

Marey defineşte pasul dublu ca fiind seria de mişcări efectuate între două poziţii identice ale corpului.

În medie, se efectuează cca 2000-3000 de cicluri/zi.

b) Pasul simplu reprezintă distanţa care separă picioarele drept şi stâng în timpul mersului, când sunt aşezate pe sol.

Littre defineşte pasul simplu ca fiind distanţa care separă cele două călcâie, când picioarele sunt în sprijin pe sol sau intervalul dintre două sprijine. Lungimea pasului depinde de lungimea membrelor inferioare şi de acţiunea de impulsie. În medie, lungimea pasului este de 0,63 m la bărbat şi 0,5 m la femeie. S-a observat că paşii nu sunt egali la acelasi individ: de regulă, pasul este mai lung când membrul inferior stâng serveşte ca sprijin.

c) Sprijinul (stance phase) reprezintă durata sprijinului pe sol a piciorului în timpul mersului. Aceasta ocupă cca 50% dintr-un ciclu de mers.

d) Dublul sprijin este faza în timpul căreia ambele picioare se sprijină pe sol, reprezentând cca 20% din ciclul mersului. Această fază are două momente: dublul sprijin anterior, de recepţie şi dublul sprijin posterior, de propulsie. piciorul stâng preia 63% din încărcare, din greutatea corporală (Weber et al. 1988).

e) Lungimea pasului (step lenght) se stabileşte prin măsurarea distanţei dintre călcâiele aceluiaşi picior la două cicluri de mişcări alternative (stângul-dreptul). Această distanţă este cuprinsă între 70 şi 80 cm (fig. 13.1) la un adult de înălţime medie.

f) Lărgimea pasului (stride width) se măsoară între punctele cele mai posterioare ale fiecărui picior şi linia de mers (axa de propulsie); este cuprinsă între 10 şi 12 cm.

g) Unghiul pasului (α) este format de axa longitudinală a piciorului cu linia mersului. Frecvent acesta are o valoare de aproximativ 15° (fig. 13.1).

h) Cadenţa mersului (tempo-ul) reprezintă numărul de paşi efectuaţi pe unitatea de timp. În mersul normal, cadenţa este în jur de 70-80 de paşi/min.

i) Viteza de mers reprezintă distanţa parcursă în unitatea de timp (distanţa/timp măsurat) şi este în medie de 4 km/oră (tabelul 13.1). În „pas vioi" atinge aproximativ 6 km/oră. Viteza de mers se poate calcula şi prin produsul dintre lungimea medie a pasului şi cadenţă (0,8 m x 70 paşi/min = 56 m/min).

Tabelul 13.1 – Viteza în mersul normal *(E.Viel, 2000)*

Mers	m/min	km/h
Foarte lent	24	1,44
Lent	30	1,80
Foarte moderat	42	2,52
Moderat	60	3,60
Determinat	79	4,68
Rapid mediu	96	5,76
Rapid	114	6,84

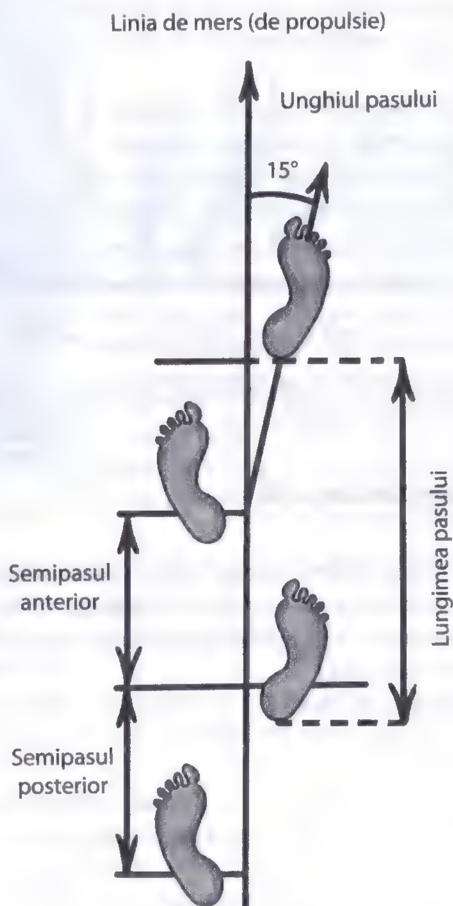


Fig. 13.1 – Parametrii mersului

Mersul normal urmează cea mai scurtă distanţă dintre două puncte, deci o linie dreaptă (fig. 13.1). Distanţele parcurse în mers se pot măsura cu suficientă precizie cu ajutorul unui aparat numit podometru. Acesta se fixează de curea sau se ţine în buzunar şi înregistrează fiecare aşezare a piciorului drept sau stâng pe sol. Cunoscându-se lungimea medie a pasului, aceasta se înmulţeşte cu numărul de paşi şi se află distanţa pe care s-a efectuat deplasarea.

În mers participă 1/6-1/7 din musculatura scheletică, reprezentată de:

- muşchii propulsori: flexorii degetelor, extensorii gleznelor, ai genunchilor şi ai şoldurilor;
- muşchii balansului (faza oscilantă): extensorii degetelor, flexorii piciorului, flexorii şi extensorii genunchilor, flexorii şoldurilor;

• muşchii implicaţi în transferul greutăţii corpului şi deplasarea bazinului în cele trei planuri: abductorii, rotatorii interni şi extensorii şoldului, pe de o parte, şi rotatorii trunchiului, pe de altă parte;

• muşchii implicaţi în menţinerea direcţiei anterioare a capului: muşchii trunchiului superior şi rotatori ai capului.

Succesiunea intrării lor în acţiune este dependentă de înălţimea şi lungimea fiecărui pas, de integritatea musculo-articulară, a organelor de simţ şi a centrilor nervoşi superiori.

Cunoaşterea parametrilor generali ai mersului este importantă în chirurgie ortopedică (protezare), recuperare medicală şi în robotică (ajută la construcţia roboţilor bipezi, utilizaţi în sisteme artificiale de deplasare).

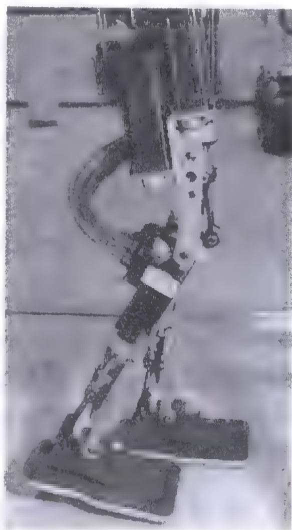


Fig. 13.2 – Robot biped

13.1.3. Analiza biomecanică

Descrierea timpilor sau a fazelor mersului este diferit prezentată în literatura de specialitate. Unii sistematizează desfăşurarea mersului în 4 timpi, alţii în 6 faze, dintre care două sunt foarte scurte şi denumite „momente", însă succesiunea modificărilor biomecanice este aceeaşi în ambele concepţii.

După Duchroquet, timpii mersului sunt:

1) primul sprijin dublu;
2) primul sprijin unilateral cu:
  a) semipasul posterior;
  b) momentul verticalei;
  c) semipasul anterior.
3) al doilea sprijin dublu;
4) al doilea sprijin unilateral.

Timpul 1 reprezintă **primul sprijin dublu** (atacul cu talonul). Membrul inferior anterior (drept), de recepţie şi frânare, iniţiază deplasarea prin ***atacul cu talonul*** (fig. 13.3 a):

• piciorul în unghi drept pe gambă şi la aproximativ 30° faţă de sol;
• genunchiul în extensie aproape totală;
• coapsa flectată cca 30°;
• bazinul oblic (hemibazinul drept devine anterior faţă de stângul); sprijinul este pe antepicior şi realizează impulsia motrică.

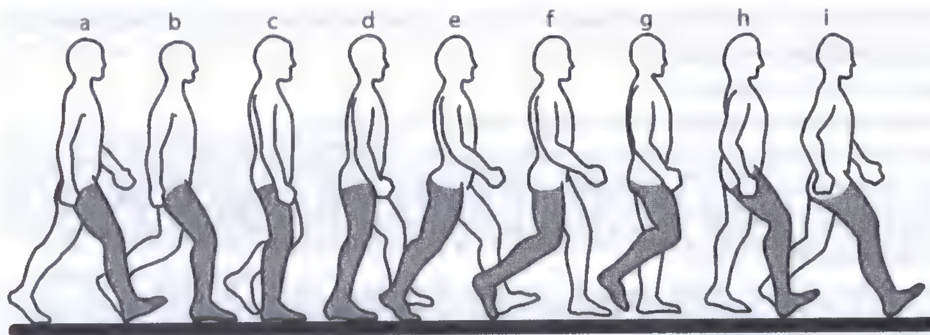


Fig. 13.3 – Timpii mersului: a. timpul 1; b, c, d. timpul 2; e, f. timpul 3; g, h, i. timpul 4

Timpul 2 reprezintă **primul sprijin unilateral**, compus din sprijinul membrului inferior drept şi faza de oscilaţie a membrului inferior opus.

Membrul inferior drept se sprijină pe toată faţa plantară şi susţine întreaga greutate a corpului (fig. 13.3 b), în timp ce membrul inferior stâng oscilează rapid, din posterior spre anterior, astfel:

– ***semipasul posterior*** (fig 13.3 b), caracterizat prin tripla flexie:

- piciorul în unghi drept pe gambă;
- genunchiul se flectează progresiv până la 70°.
- coapsa în uşoară flexie.

– ***momentul verticalei*** sau sprijinul portant (fig. 13.3 c), în care membrul inferior stâng, aflat tot în triplă flexie, depăşeşte membrul inferior drept, care este blocat în hiperextensie:

- piciorul îşi reduce flexia pe gambă;
- genunchiul îşi reduce la 60° flexia pe coapsă;
- coapsa se flectează cca 35°.

Acest complex de mişcări se realizează într-un timp foarte scurt. Este momentul în care corpul are înălţimea maximă, iar centrul de gravitaţie este uşor deplasat lateral, către piciorul de sprijin (drept).

– ***semipasul anterior*** (fig. 13.3 d):

- piciorul atinge solul la un unghi drept faţă de gambă;
- genunchiul se extinde rapid;
- coapsa îşi măreşte flexia.

În momentul desprinderii de pe sol a călcâiului piciorului drept se încheie timpul primului sprijin unilateral.

Timpul 3 reprezintă **al doilea sprijin dublu**.

Membrul inferior drept, devenit posterior, continuă să asigure propulsia corpului, realizând următoarele acţiuni:

- călcâiul se desprinde de pe sol, prin extensia lentă a articulaţiei tibio-tarsiene;
- genunchiul se menţine extins;
- coapsa se extinde.

Aceste mişcări imprimă membrului inferior o poziţie oblică (fig. 13.3 e). Imediat se produc următoarele mişcări:

- genunchiul se flectează;
- coapsa îşi reduce treptat extensia şi începe să se flecteze:
- piciorul rulează, se produce extensia degetelor, sprijinul realizându-se doar pe capetele metatarsienelor şi pe degete, apoi toată greutatea corpului este transmisă prin bolta anterioară primului metatarsian, respectiv halucelui, care va realiza propulsia întregului membru (fig. 13.3 f).

Membrul inferior stâng, devenit anterior, este (prin călcâi) în contact cu solul şi reprezintă piciorul de sprijin şi impulsie pentru timpul următor.

Când sprijinul este dublu, centrul de gravitaţie are înălţimea minimă.

Timpul 4 reprezintă **al doilea sprijin unilateral**.

Membrul inferior stâng aflat anterior, reprezintă piciorul de sprijin (fig. 13.3 g). Membrul inferior drept devine oscilant (fig. 13.3 h), încrucişează membrul inferior stâng, care devine posterior, şi se pregăteşte să ia contact cu solul (fig. 13.3 i), adică să înceapă un nou ciclu al pasului dublu.

În mersul normal, bazinul şi umerii execută o mişcare de rotaţie în sens invers unul faţă de celălalt, precum şi o mişcare de înclinare laterală de mică amplitudine.

Rotaţia coloanei lombare are o amplitudine direct proporţională cu lungimea pasului.

Membrele superioare sunt flectate sau extinse în acelaşi ritm cu deplasările membrelor inferioare, dar în sens opus acestora, deoarece urmează mişcarea umerilor. Astfel, se realizează echilibrarea corpului în jurul centrului de gravitaţie. Flexia membrelor superioare contribuie, prin inerţie, la deplasarea anterioară a corpului.

Mişcările sincrone ale trunchiului şi membrelor superioare ajută la balansarea şi înaintarea corpului prin menţinerea centrului de gravitaţie în poziţie de echilibru.

În mers, între momentul verticalei şi dublul sprijin, capul şi trunchiul se deplasează vertical, aproximativ 4-5 cm. Aceste elemente anatomice se deplasează şi în plan frontal, cu aceeaşi amplitudine de 4-5 cm, datorită repartiţiei alternative a greutăţii corpului de partea membrului de sprijin.

Mersul se poate efectua în sens anterior, înapoi sau în lateral, prin paşi adăugaţi sau încrucişaţi. Alternanţa acestor forme de mers este recomandată în antrenamente (la atleţi, în antrenamentul specific), dar şi în activitatea de recuperare medicală.

Mersul înapoi are o serie de particularităţi biomecanice datorate limitării flexiei şi extensiei la nivelul articulaţiei coxo-femurale şi eliminării flexiei excentrice la nivelul genunchiului. Ca urmare, se produc modificări şi în repartiţia forţelor musculare la nivelul membrelor inferioare, cu efecte favorabile asupra echilibrului muscular, propriocepţiei, echilibrului general şi sistemului cardio-vascular.

Stimularea sistemului cardio-vascular este mult mai mare în mersul înapoi (sunt raportate procente între 15-78%), comparativ cu mersul în sens anterior, la viteze egale de deplasare.

Mersul înapoi este recomandat în recuperarea medicală a entorselor de gleznă şi genunchi, în afecţiuni ale tendonului lui Achile şi ale muşchilor planului posterior al corpului.

Factori care influenţează mersul

Mersul prezintă variaţii fiziologice şi patologice, după cum urmează:

a) Variaţiile fiziologice depind de ereditate, vârstă, obişnuinţă, greutăţi transportate, încălţăminte, tipul suprafeţei pe care se efectuează deplasarea (teren accidentat, în pantă etc.).

În evoluţia ontogenetică se produc modificări esenţiale ale mersului. Astfel: primii paşi ai copilului nu au regularitatea celor de la vârsta adultă. Iniţierea deplasării este rapidă şi puţin controlată atât în privinţa direcţiei de mers, cât şi a opririi, care se realizează brusc.

Dacă viteza de deplasare scade, se produce flexia rapidă a coapselor, ca reacţie adaptivă de creştere a stabilităţii corpului. În acest scop, membrele superioare sunt abduse din umăr şi flectate din cot şi umăr.

Între 7 şi 12 luni este caracteristic contactul iniţial cu suprafaţa de sprijin prin haluce şi încordarea tricepsului sural înaintea contactului degetelor cu solul (mers digitigrad).

Între 12 şi 24 de luni, mersul se realizează pe toată planta. Sunt activaţi toţi muşchii antagonişti ai gambei în timpul fazei de sprijin.

Între 2 şi 4 ani, scade contracţia muşchilor gambei, iar activitatea tricepsului sural începe să se moduleze în timpul sprijinului.

Între 5 şi 7 ani, creşte activitatea tricepsului sural în timpul sprijinului (confirmată prin EMG); mersul se apropie de cel al adultului.

La vârstnici, mersul se realizează de obicei cu mijloace ajutătoare (cel mai frecvent bastoane) plasate de partea homo- sau controlaterală a dizabilităţii. Acestea modifică tempo-ul mersului, dar cresc securitatea deplasării prin neutralizarea oscilaţiilor şi creşterea stabilităţii corpului.

Mersul înregistrează particularităţi în funcţie de sex.

Mersul de tip feminin are un caracter ondulatoriu. Femeile au tendinţa de a păstra axa liniei de mers prin „unduirea" şoldurilor (doar prin translaţia bazinului).

Mersul de tip masculin se realizează cu înclinarea globală a corpului, care însoţeşte variaţiile proiecţiei centrului de gravitaţie.

Poziţia trunchiului în mers poate fi o caracteristică individuală.

Legănarea şi gradul de rotaţie al pelvisului, care tind să dispară la vârstnici, precum şi poziţia capului, oferă diferenţe apreciabile în examinarea mersului.

b) Variaţiile patologice se produc atât prin afectarea directă a membrelor inferioare (din cauze neurologice, ortopedico-traumatice, reumatismale), cât şi indirectă (repercusiuni ale afecţiunilor trunchiului sau membrelor superioare).

Tulburările pot fi de comandă (mers rigid în boala Parkinson, cu paşi mici în sindrom pseudobulbar; cu paşi inegali, nesigur, în zigzag, cu bază mare de susţinere în sindromul cerebelos, mers cosit în hemiplegia spastică, mers stepat în paralizie de nerv sciatic

popliteu extern etc.) sau de execuţie (deformaţii articulare, redori, instabilitate etc.), care perturbă derularea normală a pasului.

13.1.4. Evaluarea mersului

Succesiunea paşilor şi mişcările complexe care se produc în timpul mersului sunt relativ rapide, fapt pentru care ridică dificultăţi în analiza cu ochiul liber. Ca urmare, cercetătorii s-au preocupat de-a lungul timpului să găsească metode, tehnici şi aparate de studiu şi măsurare a parametrilor mersului.

Pe baza măsurătorilor efectuate s-au stabilit norme biomecanice, de referinţă pentru diagnosticul mersului normal sau patologic.

Cele mai bune rezultate s-au obţinut prin ***metoda fotografică***, descoperită de Marey, până când ***metoda cinematografică/înregistrarea video*** a oferit posibilitatea analizei în detaliu a coordonatelor spaţiale ale mersului şi raportarea la factorul timp.

Sistemele 2D, şi, mai nou 3D, permit evaluarea performanţei mersului în stare reală, concretă.

Analiza baropodometrică a mersului constă din analiza cantitativă (secvenţială posturografică) dinamică a amprentelor, cu un sistem electronic, bazat pe distribuţia presiunilor plantare în timpul mersului. Într-un examen dinamic, unele amprente plantare normale în stare statică îşi pot modifica suprafeţele, prin restrângere sau extindere, în funcţie de forţa de presiune. Se poate realiza astfel, diagnosticul unor deficienţe ale bolţii plantare, nemanifeste clinic în stare statică. Examenul are ca scop cunoaşterea adaptărilor funcţionale ale aparatului locomotor pentru a asigura echilibrul dinamic al corpului.

Presiunile plantare şi forţele de reacţie ale sprijinului se analizează în laborator, prin echiparea interfeţei plantare cu senzori de presiune şi prin platforme dinamometrice (de forţă), situate în lungul unei piste de mers (cu o lungime de cca 8 m), care descompun reacţiile de sprijin în cele trei planuri ale spaţiului. În timpul mersului, piciorul de sprijin exercită o presiune asupra solului, care poate fi studiată prin înscriere grafică, cu ajutorul platformelor de forţă. Curba presiunilor exercitate oscilează cu valori pozitive şi negative de o parte şi de alta a liniei greutăţii corpului (linia de propulsie), descriind o traiectorie caracteristică tipului de mers. Se măsoară: timpul de presiune, timpul de contact, viteza mersului, parametrii încărcării, orientarea şi coordonarea paşilor, repartiţia sprijinului.

Această metodă dinamică permite cunoaşterea variaţiei centrului presiunilor şi a elementelor de stabilizare a piciorului în timpul mersului. Parametrii înregistraţi sunt raportaţi la datele antropometrice ale subiectului şi la viteza de mers.

Examinarea barometrică nu este o investigaţie uzuală, deoarece implică aparatură complexă şi experienţă din partea cercetătorilor. Se utilizează în cazul unor deficienţe grave ale aparatului locomotor, de cauze ortopedice, neurologice, metabolice (diabet) sau congenitale. Cunoaşterea distribuţiei presiunilor plantare orientează decizia terapeutică (tratament chirurgical, ortezare), alegerea ajutoarelor tehnice (cârje, bastoane), a

încălţămintei sau a ortezelor în diverse patologii. Analiza dinamică barometrică a mersului are o valoare incontestabil mai mare comparativ cu analiza statică, podoscopică (vezi podoscopia). Poate fi efectuată la sportivi pe teren, în scop diagnostic. Pentru aceasta interfaţa plantară se echipează (ca şi în cazul studiului efectuat în laborator) cu 50-70 de senzori de presiune (în funcţie de dimensiunile încălţămintei). Datele sunt stocate într-un sistem de achiziţii fixat printr-o centură elastică aplicată în jurul perimetrului taliei, sportivul având, astfel, libertate de mişcare. Se obţine o cartogramă a presiunilor plantare (presiunea medie, zonele de hiperpresiune). Un soft special permite calculul computerizat al timpului de contact şi al raportului presiune/timp de contact.

În afara analizei cuantificate a mersului sunt studiate şi variabilele cinematice, cinetice şi electromiografice ale segmentelor corporale care participă la efectuarea acestei deprinderi motrice.

Analiza cinematică a mersului. Parametrii cinematici ai mersului rezultă din traiectoriile în mişcare ale diverselor segmente ale corpului, unghiurile şi variaţiile lor în funcţie de timp, viteza (velocitatea) şi acceleraţia liniară şi angulară. Aceşti parametrii sunt independenţi de forţele care generează mişcarea.

Accelerometrele măsoară parametrii simpli ai mersului, cum ar fi: lungimea paşilor, cadenţa şi simetria lor, viteza de mers şi durata sprijinului unipodal.

La nivelul trunchiului, înregistrările acceleraţiilor furnizează informaţii despre ritmul mersului (variabilitatea sau regularitatea acestuia).

Măsurătorile cinematice ale unghiurilor articulare şi orientarea membrelor inferioare obţinute prin studii de accelerometrie sunt corelate cu alte sisteme de analiză tip 3D.

Sistemul opto-electronic este un sistem performant de studiere a mişcărilor complexe din timpul mersului, fiind compus din camere video în infraroşu, care permit localizarea şi monitorizarea tridimensională a segmentelor corporale. Pentru aceasta se fixează pe corp markeri reflectorizanţi (fig. 13.4).

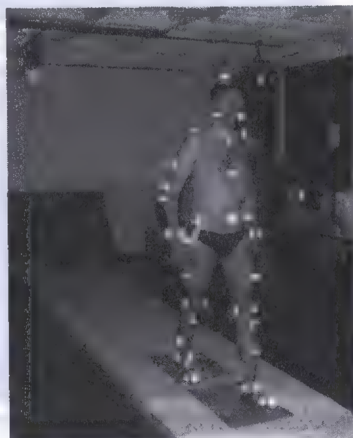
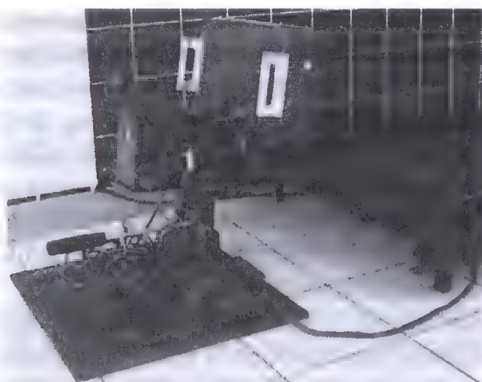


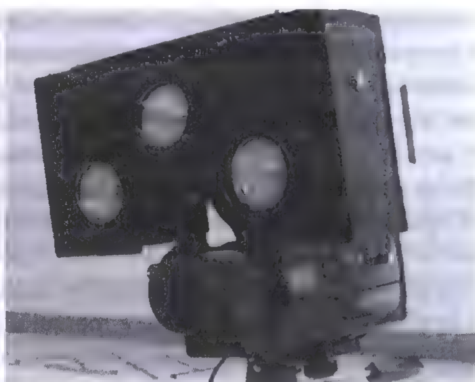
Fig. 13.4 – Sistem opto-electronic

Se monitorizează deplasările liniare şi angulare ale fiecărui segment studiat şi se fac raportări la celelalte segmente, determinându-se viteza şi acceleraţia deplasărilor. Datele recoltate vizează mişcări efectuate în toate cele trei planuri ale spaţiului: sagital (unghiurile bazinului, şoldului, genunchiului şi gleznei), frontal (oscilaţiile bazinului, unghiul abducţiei-aducţiei în articulaţia şoldului) şi transversal (rotaţia bazinului şi a segmentelor gambei).

Podovideografia permite studiul dinamic al mersului printr-un sistem care asociază un covor rulant şi camere video. Imaginile înregistrate prin deplasare pe covorul rulant pot fi studiate ulterior, prin vedere din spate, faţă, profil intern şi extern (fig 13.5).



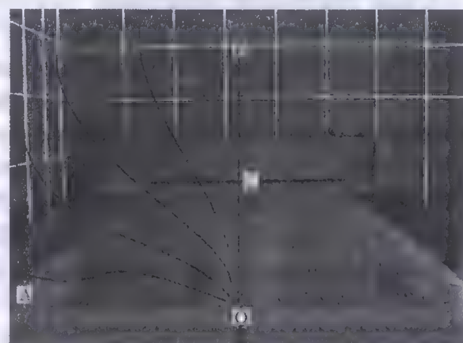
cameră video



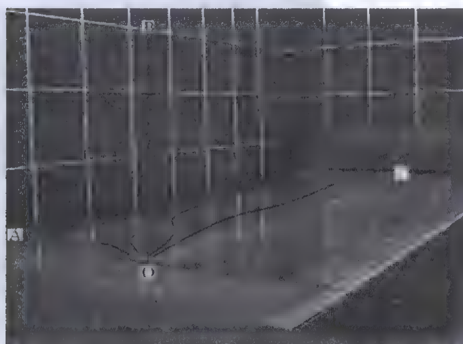
cameră video – detaliu



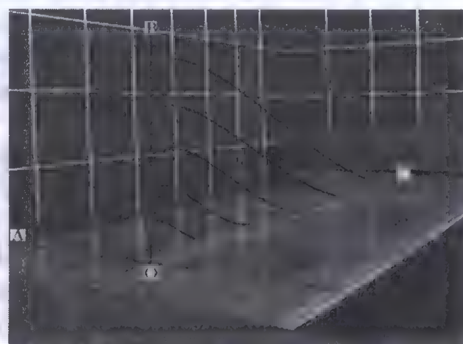
covor rulant marcat



evaluare în plan frontal



evaluare în plan orizontal



evaluare în plan sagital

Fig. 13.5 – Podovideografie

Prin aplicarea acestui sistem rezultă imagini în sistem 3D şi date privind:

- biomecanica piciorului şi a gambei în timpul mersului, oferind posibilitatea descompunerii timpilor mersului şi sesizarea celor mai mici imperfecţiuni în derularea lui;
- identificarea strategiilor compensatorii în anumite articulaţii, în cazul unor tulburări de mers, şi orientarea terapeutică;

- concepţia dinamică a apareiajului prin vizualizare tridimensională biomecanică;
- evaluarea cantitativă, calitativă şi comparată a rezultatelor obţinute după diverse intervenţii terapeutice (chirurgicale, ortetice etc.) şi la distanţă de acestea; reorientarea tratamentului dacă este cazul.

Analiza cinetică a mersului. Parametrii cinetici sunt reprezentaţi de forţele care produc mişcarea. Pentru determinarea lor se utilizează platforme de forţă. Prin corelare cu datele cinematice se calculează momentele de forţă la nivelul fiecărei articulaţii (produsul dintre forţă şi distanţă, între vectorul forţă şi centrul articular). Se poate determina şi puterea, definită prin produsul dintre momentul forţei şi viteza de mişcare. Datele cinematice şi cinetice se exprimă sub formă de curbe grafice şi se compară cu reprezentările normale.

Electromiografia. Înregistrările activităţii electrice a muşchilor în timpul unui ciclu de mers se obţin cu ajutorul unor electrozi de suprafaţă plasaţi pe tegument, în zona muşchilor investigaţi.

Prin compararea patternurilor de activitate, depistate cu cele standard, pot fi detectaţi muşchii cu activităţi anormale (hipotonii, hipertonii sau anomalii legate de co-contracţii ale muşchilor agonişti-antagonişti, care antrenează o redoare articulară).

Podotestul este un sistem modern de studiu al mersului în laborator. Acesta oferă informaţii precise, complexe, privind: parametrii temporali ai mersului (durata şi viteza pasului, durata sprijinului mono- şi bipodal) şi repartiţia presiunilor aplicate în diferite faze (atacul cu talonul sau în derularea fiecărui sprijin).

Prin echiparea încălţămintei cu senzori de presiune, podotest analizează sprijinul plantar în stare statică (vezi fig. 11.15), dar şi în condiţii naturale de mers. Pista de mers, cu o lungime de 8-10 m, permite subiectului să se deplaseze liber datorită transmiterii datelor prin sistem blue tooth. Prin acest sistem poate fi analizat orice tip de mers: înainte, înapoi, în zigzag, efectuat în orice condiţii de teren: plat, în pantă, pe scări sau pe covor rulant. Evaluările sunt cantitative şi calitative şi permit, de asemenea, aprecierea eventualelor repercusiuni ale diferitelor patologii asupra mersului, care pot necesita utilizarea ajutoarelor tehnice (cârje, bastoane etc.) sau a ortezelor.

Diferitele tipuri de analiză globală a mersului (barometrică, cinematică, cinetică, electromiografică) furnizează date foarte diferite. Astfel, analiza cinematică reprezintă unica metodă care permite evidenţierea deplasărilor şi a variaţiilor unghiurilor articulare, atât în sportul de performanţă, cât şi în tulburările mersului de origine neurologică, ortopedică, reumatologică sau în caz de malformaţii.

Recuperarea mersului trebuie să respecte regula celor 3 E: *eficacitate*, *economie* şi *estetică*.

Eficacitatea presupune validarea unui perimetru de mers, acceptabil pentru un subiect, într-un anumit stadiu al bolii.

Eficacitatea este relativă, pentru că poate fi apreciată în comparaţie cu un subiect cu aceeaşi afecţiune, în acelaşi stadiu şi de aceeaşi vârstă.

Economia vizează cel mai mic consum energetic, respectiv găsirea raportului optim dintre calitatea execuţiei unei mişcări (exerciţiu) şi solicitarea minimă musculară, cardiovasculară, pulmonară etc.

Estetica trebuie să reflecte cursivitatea, precizia, abilitatea, respectiv eleganţa gestului reuşit, fiind influenţată de numeroşi factori subiectivi.

Evaluarea mersului este indispensabilă pentru orientarea deciziilor terapeutice şi aprecierea eficienţei acestora. În plus, cuantifică disfuncţia şi stabileşte gradul de incapacitate sau invaliditate.

13.2. Alergarea

Alergarea este o deprindere motrică complexă cu caracter ciclic, care cuprinde o succesiune de faze de zbor şi sprijin unipodal a corpului. Aceste cicluri de mişcare se repetă aproape identic.

Intervalul de timp şi spaţiu care separă două poziţii succesive identice de sprijin a unui picior, până la sprijinul următor al aceluiaşi picior se numeşte ***fuleu***.

De fapt, ciclul alergării se descompune în două fulee simetrice – drept şi stâng –, corespunzătoare sprijinului alternativ pe un picior şi pe celălalt.

Între perioadele de sprijin unipodal sunt intercalate perioade de zbor. Spre deosebire de mers, în alergare lipseşte faza sprijinului dublu.

A. Aspecte cinematice ale alergării

Fuleul este divizat în două perioade succesive.

1. **Perioada de contact cu solul** (support phase), care reprezintă 20-40% din ciclul alergării (în mers durează 60%), în funcţie de viteză.
2. **Perioada de zbor** (forword recovery), care reprezintă 60-80% din ciclul alergării.

1. Perioada de contact cu solul este subdivizată în trei faze:

a) amortizarea (faza frenatorie);

b) sprijinul (faza neutră);

c) împingerea (faza de impulsie).

a) Amortizarea (foot-strike) debutează din punct de vedere biomecanic în momentul în care piciorul ia contact cu solul prin partea externă a călcâiului (degetele sunt flectate – fig 13.6) şi se termină când proiecţia centrului de gravitaţie coincide cu verticala sprijinului.


Fig. 13.6 – Amortizarea

În momentul contactului cu solul, membrul inferior de sprijin se flectează (29-30° din şold, indiferent de viteza de alergare, şi 20 – 30° din genunchi). Bazinul este în anteversie, iar proiecţia centrului de gravitaţie se situează înapoia contactului cu solul.

Forţa de reacţie a solului este orientată în sens invers deplasării, imprimând mişcării un caracter frenator (prin contracţia muşchilor lojei anterioare a gambei), element negativ pentru sportiv, permanent în căutare de eficienţă.

În pregătirea musculară a membrelor inferioare, trebuie ca piciorul să ia contact cu solul cu o forţă orientată spre înapoi. Orice altă orientare va produce flexii tranzitorii şi oscilaţii ale corpului, cu efect de scădere a forţei elastice care va asigura propulsia.

Această fază, cu o durată de cca 30 ms, reprezintă un vârf al forţelor verticale aplicate pe sol în timpul alergării.

Eficienţa alergării creşte pe baza aterizării, pe cât posibil, pe partea externă a plantei şi pe vârf, ceea ce duce la amortizarea contactului cu solul, reduce reacţia acestuia şi, implicit, favorizează un nou impuls, pe baza reacţiei funcţionale inverse a unui muşchi, după contracţie excentrică.

La viteze medii de alergare, la fiecare sprijin, şocul pe axul vertical este egal cu de 3 ori greutatea corporală (de 1-1,5 ori în mers şi de 12 ori în triplu salt).

b) Sprijinul (mid-support) corespunde momentului în care proiecţia verticală a centrului de gravitaţie coincide (este în echilibru) cu verticala sprijinului (se mai numeşte şi momentul verticalei).

Sprijinul progresează rapid dinspre lateral spre medial şi dinspre posterior spre antepicior (fig. 13.7), creşte tensiunea bolţii plantare, întreaga fază durând 100 ms.

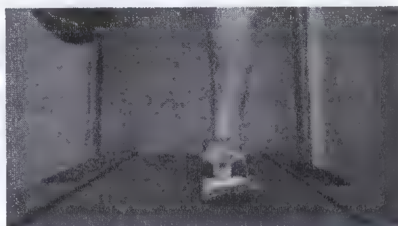


Fig. 13.7 – Sprijinul

În timpul primelor două faze ale perioadei de contact cu suprafaţa de sprijin se produc următoarele mişcări: pronaţie de 5° în articulaţia subastragaliană, flexie în articulaţia tibiotarsiană şi rotaţie internă la nivelul şoldului. Aceste mişcări permit piciorului să amortizeze şocurile secundare contactului cu talonul, dar şi să se adapteze eventualelor denivelări ale terenului.

c) Împingerea (take off) începe când centrul de greutate al corpului depăşeşte verticala; numai antepiciorul şi degetele sunt în contact cu suprafaţa de sprijin (fig. 13.8); genunchiul nu este în extensie completă.

Corpul dezechilibrat este împins în sens anterior şi în sus datorită unei serii de mişcări executate cu viteză mare: supinaţie în articulaţia subastragaliană, extensia completă a gambei, extensia şoldului (mişcare prin care membrul inferior este orientat în sens posterior şi în jos).

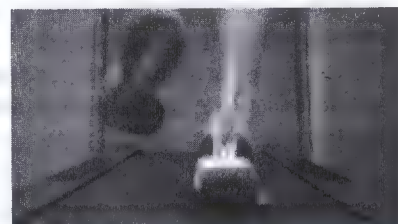


Fig. 13.8 – Împingerea

Împingerea (impulsia) se încheie când vârful piciorului se desprinde de sol (prin forţa halucelui). Această fază are o durată aproximativ egală cu sprijinul (100-120 ms) şi reprezintă al doilea vârf al forţelor verticale aplicate asupra suprafeţei de alergare.


Fig. 13.9 – Perioada de zbor

2. Perioada de zbor (pendularea) începe când piciorul de împingere părăseşte solul (fig. 13.9) şi se încheie când subiectul reia sprijinul.

În acest timp aerian (de zbor), subiectul nu poate modifica traiectoria centrului de gravitate, caracterizată prin lungimea şi înălţimea fuleului. Practic, în această fază se observă rezultatele obiective ale efortului din perioada precedentă.

În raport cu membrul inferior opus, perioada de pendulare este la rândul ei subdivizată în trei faze (Homenkov, L.S,1977):

a) faza pasului posterior;

b) momentul verticalei;

c) faza pasului anterior.

a) Faza pasului posterior marchează debutul pendulării (oscilaţiei) şi este concomitentă cu amortizarea realizată de membrul inferior opus, al cărui genunchi coboară şi se extinde sub propria greutate.

Unghiul dintre cele două coapse are valoarea cea mai mare.

b) Momentul verticalei este simultan cu momentul omonim (de sprijin) al membrului inferior opus; unghiul dintre cele două coapse atinge valoarea zero.

Iniţial, prin acţiunea muşchilor lojei posterioare a coapsei (ischiogambieri-semitendinos, semimembranos şi, în special, biceps femural) flexia gambei pe coapsă este maximă (călcâiul atinge coapsa) şi conferă forţa necesară fazei următoare.

c) În ultima fază a acestei perioade, membrul inferior pendulant încrucişează membrul inferior opus (aflat în impulsie), devine anterior şi realizează ***pasul anterior***. Rapid, unghiul dintre cele două coapse creşte, ca şi unghiul de flexie realizat de coapsă pe bazin şi de genunchi pe coapsă. Apoi, gamba se extinde sub propria greutate, membrul inferior pendulant începe să descrie o mişcare de orientare spre înapoi (posterior), iar piciorul se pregăteşte să reia contactul cu solul, marcând astfel începerea unui nou ciclu de alergare. Acţiunea coordonată a membrelor inferioare asigură absorbţia forţelor generate de impactul cu solul.

Pe tot parcursul alergării, mişcările membrelor inferioare se însoţesc de deplasări în sens invers ale membrelor superioare şi de oscilaţii ale întregului corp în cele trei planuri ale spaţiului.

Oscilaţiile verticale ale centrului de gravitaţie (de jos în sus) scad cu creşterea vitezei. Şi mişcările membrelor superioare reduc din oscilaţiile verticale şi laterale ale corpului.

O poziţie cu trunchiul în rectitudine sau uşor înclinată anterior este considerată favorabilă alergării.

Viteza de alergare depinde de poziţia centrului de gravitaţie a corpului, în raport cu greutatea corporală, de distanţa şi rapiditatea succesiunii fiecărui sprijin (fuleu), dar şi de echilibrarea cinetică a centurii scapulare (Beli et al, 2002).

Tabelul 13.2. – Comparaţia caracteristicilor fuleelor pe diferite distanţe (F. Leboeuf, 2006)

Distanţa (m)	Timp (s, min, h)	Viteza (m/s)	Amplitudinea (m)	Frecvenţa (Hz)	Număr fulee
100	9,9 s	10,10	2,25	4,40	44,4
400	43,8 s	9,10	2,20	4,13	181,8
800	1min 43,4 s	7,72	2,10	3,67	380,9
1500	3 min 32,2 s	7,07	2,00	3,53	750
5000	13 min 12,9 s	6,31	1,80	3,50	2777,7
10000	27 min 30,5 s	6,06	1,75	3,46	5714,2
Maraton	2h 8 min 33,6 s	5,44	1,60	3,47	26371,8

Viteza este rezultatul produsului dintre frecvenţa şi lungimea fuleelor:

Viteza = frecvenţa x lungimea fuleelor

Alergătorii ai căror muşchi sunt formaţi în majoritate din fibre musculare rapide (tip II) prezintă o frecvenţă mai mare a fuleelor maxime. Cei cu membre inferioare lungi pot produce fulee mai lungi; ambele situaţii permit atingerea unor viteze mari de alergare.

Teoretic, distanţa dintre fiecare sprijin este maximă la un unghi de zbor de 45°, care permite şi atingerea unei viteze optime de alergare.

Alergarea se caracterizează prin lipsa stabilităţii; subiectul întreţine un dezechilibru în scop de propulsie (Viel, 2000).

B. Aspecte cinetice ale alergării

Potrivit „Legii a treia de mişcare" a lui Newton (principiul acţiunii reciproce sau al acţiunii şi reacţiunii), când un corp acţionează asupra altui corp cu o forţă, numită de acţiune, cel de-al doilea corp exercită asupra primului o forţă egală ca mărime, pe aceeaşi direcţie de acţiune, dar în sens opus, numită forţă de reacţie.

Aceste forţe de reacţie la sol variază în funcţie de tipul impactului piciorului cu suprafaţa de sprijin şi deplasare în timpul mersului şi al alergării, dar şi în funcţie de: viteza deplasării, factori individuali, caracteristicile mecanice ale încălţămintei sau ale suprafeţei pe care se deplasează subiectul.

Suma forţelor care acţionează asupra centrului de gravitaţie al corpului este compusă din greutate şi reacţia solului. Această sumă se materializează printr-un vector dirijat alternativ către înapoi (faza de amortizare) sau anterior (faza de impulsie).

Deoarece, în timpul perioadei de contact cu solul, centrul de gravitaţie continuă să avanseze, rezultă o forţă rezistivă în timpul fazei de amortizare şi o forţă eficientă pentru a realiza propulsia.

Prin utilizarea unor platforme de forţă se poate calcula forţa medie de deplasare prin aplicarea unei formule, care include componentele mecanice ale vitezei:

$$v = f \times Fm/G \times d$$

unde

v = viteza;

f = frecvenţa fuleelor;

Fm = forţa medie aplicată pe sol în momentul impactului cu acesta;

G = greutatea corporală (kg);

d = distanţa pe care se deplasează corpul din momentul desprinderii de pe sol (impulsiei).

S-a constatat că vitezele mai mari în cursele de alergare sunt consecinţa creşterii forţei aplicate pe sol şi nu a reducerii duratei de repoziţionare a segmentelor în timpul perioadei de zbor.

Viteza atinsă prin trecerea de la mers la alergare este o caracteristică individuală. Sportivii cei mai rapizi produc fulee considerabil mai lungi, comparativ cu nesportivii, chiar şi atunci când aceştia au avantajul lungimii membrelor inferioare.

Consumul energetic şi profilaxia traumatismelor sau a uzurii structurilor anatomice în alergare sunt dependente de greutatea corporală şi de tehnica alergării, care poate fi optimizată prin antrenament. Corelaţia dintre viteza alergării şi consumul energetic nu este perfect liniară (Kiröläinen et al 2001; Bus, 2003).

În perioada sprijinului, se va evita repartizarea greutăţii corporale pe degete sau pe călcâi, deoarece există riscul de uzură a aponevrozelor bolţii plantare şi a tendonului lui Achile, două mari structuri elastice ale corpului, cu rol de amortizare a şocului produs la impactul piciorului cu solul.

În timpul sprijinului, lungimea tendonului lui Achile creşte cu cca 6%, comparativ cu valoarea de repaus (1,5 cm), acumulând astfel o cantitate de energie pe care o restituie (40%) în momentul contactului cu solul. Elasticitatea acestei structuri poate fi îmbunătățită prin antrenament (creşte, astfel, cu cca 25-40% eficienţa conversiei energiei chimice în energie mecanică).

Sprijinul prezintă variaţii individuale. Dacă 40-45% dintre subiecţi poziţionează piciorul cu talonul în exterior (situaţie considerată standard), restul realizează contactul cu solul cu piciorul în supinaţie (mai în exterior) sau în pronaţie (în interior).



Fig. 13.10 – Podogramă statică şi dinamică (în alergare)

Analiza cinematică, cinetică şi electromiografică a alergării este utilă nu numai în atletism, ci şi în jocuri sportive şi alte ramuri de sport care se bazează pe alergare.

Caracteristicile biomecanice ale alergării pot fi înregistrate atât în laborator, cât şi pe teren. În jocuri se apreciază sprintul, lungimea şi frecvenţa fuleelor, schimbarea direcţiei, durata zborului, puterea, timpul etc.

Controlul biomecanic este indicat şi în caz de întrerupere a activităţii sportive generată de un traumatism.

Dispozitivul, utilizat şi în cazul mersului, se fixează în jurul perimetrului taliei printr-o centură elastică şi înregistrează şi stochează diverşi parametri biomecanici, fiziologici, consumul de calorii etc. Sportivul este monitorizat în timpul efectuării unui antrenament, gest specific etc. Datele recoltate pe teren sunt transferate într-un computer, analizate prin programe speciale şi valorificate în antrenamentul tehnic.

Capitolul 14

MĂSURAREA ŞI EVALUAREA FUNCŢIILOR PULMONARE

14.1. ETAPELE RESPIRAŢIEI

14.2. EVALUAREA FUNCŢIILOR PULMONARE

14.1. Etapele respiraţiei

Respiraţia este o funcţie vitală a organismelor vii, care cuprinde ansamblul fenomenelor fizice şi chimice prin care se asigură schimburile gazoase dintre organism şi mediu necesare desfăşurării proceselor metabolice ale organismului.

Acest complex al respiraţiei se desfăşoară în trei etape:

1) etapa pulmonară;
2) etapa sangvină;
3) etapa tisulară.

În etapa pulmonară se produce deplasarea alternativă a aerului în şi dinspre alveolele pulmonare şi mediul exterior. Acest proces se realizează prin creşterea şi scăderea ciclică a volumului cutiei toracice în cursul a două mişcări de sens opus: inspiraţia şi expiraţia. Inspiraţia este faza activă a mecanicii respiratorii, iar expiraţia cea pasivă. Succesiunea acestor faze reprezintă un ciclu respirator. Numărul de cicluri respiratorii/unitatea de timp constituie frecvenţa respiratorie (F.R.). Aceasta prezintă variaţii ca număr, amplitudine şi ritm, în efort fizic, stări afective şi diverse stări patologice.

Frecvenţa medie a mişcărilor respiratorii este de 40-45 respiraţii/minut la nou-născut, 20-30 la copil, 16-20 la adultul sedentar şi 6-12 respiraţii/minut la sportivi (bradipnee).

Plămânii sunt umpluţi cu 2-3 litri de aer, la care se adaugă cu fiecare inspiraţie liniştită încă 0,5 l, care reprezintă volumul curent (V.C.), încât în permanenţă este împrospătat 1/6 din aerul pulmonar. Din cei 0,5 l de aer, care pătrund în fosele nazale, cca jumătate ajung la nivelul alveolelor. Restul rămâne pe căile respiratorii aeriene (nu participă la schimburile gazoase dintre aerul alveolar şi sânge) şi reprezintă spaţiul mort.

Aerul inspirat care ajunge la nivelul alveolelor pulmonare, numit aer alveolar, are o compoziţie diferită faţă de aerul atmosferic (tabelul 14.1).

Tabelul 14.1 – Compoziţia aerului atmosferic/aer alveolar

Compoziţie	Aer atmosferic (%)	Aer alveolar (%)
Oxigen	21	14
Azot	79	79
CO^2	urme	5-6

În următoarea etapă a procesului respirator, numită difuziune alveolo-capilară, pe baza diferenţelor de presiune ale O_2 şi CO_2 dintre aerul alveolar şi sângele capilar se produce schimbul de gaze la nivelul membranei alveolo-capilare, iar sensul este orientat dinspre zona cu presiune mai mare spre zona cu presiune mai mică.

Factorii care influenţează rata difuziunii gazelor la nivelul membranei alveolo-capilare sunt:

– presiunea parţială a gazului în aerul alveolar;
– presiunea parţială a gazului în capilarul pulmonar;

– coeficientul de difuziune al gazului;
– suprafaţa totală a membranei alveolo-capilare.

Tabelul 14.2 – Presiuni parţiale şi coeficienţi de difuziune ai gazelor respiratorii

Presiuni Parţiale (Pp) (mmHg)	Aer alveolar	Capilar pulmonar	Gradient de presiune	Coeficient de difuziune (ml/min)
Pp O_2	105	40	65	25
Pp CO_2	40	46	6	500

Difuziunea O_2 se realizează dinspre aerul alveolar (pp = 105 mmHg) spre capilarul pulmonar (pp O_2 = 40 mm Hg). Gradientul de presiune este de 65 mm Hg. Coeficientul de difuziune al O_2 este de 25 ml/min/mmHg. La o diferenţă de presiune de 65 mm Hg, rezultă că 1625 ml de oxigen traversează membrana alveolo-capilară într-un minut (65 x 25 = 1625 ml/min).

Difuziunea CO_2 se produce dinspre capilarul pulmonar (pp = 46 mmHg) spre aerul alveolar (pp = 40 mm Hg). Gradientul de presiune este de numai 6 mm Hg, dar coeficientul de difuziune al CO_2 este de 20 de ori mai mare comparativ cu O_2, respectiv 500 ml/min/mmHg. La o diferenţă de presiune de 6 mm Hg, rezultă că 3000 ml de bioxid de carbon traversează membrana alveolo-capilară într-un minut (6 x 500 = 3000 ml/min). Suprafaţă totală a membranei alveolo-capilare variază între 50 şi 100 m^2.

După ce traversează membrana alveolo-capilară, oxigenul se dizolvă în plasmă, ceea ce determină creşterea presiunii parţiale a O_2 în plasmă. Imediat oxigenul difuzează în hematii şi se combină cu hemoglobina (rezultă oxihemoglobina), mai exact cu fierul din structura acesteia, pentru care O_2 are o mare afinitate. La 1 gram de hemoglobină se fixează 1,35 ml O_2. Cantitatea medie a hemoglobinei este de 14 g; rezultă că 20 ml O_2 se fixează de hemoglobină (14 g x 1,35 ml = 20 ml O_2).

În mod normal, hematiile rămân în capilarul pulmonar cca 0,75 secunde, iar egalizarea presiunilor parţiale alveolare şi sangvine ale oxigenului durează cca 0,25 secunde. Diferenţa de 0,50 secunde este denumită „margine de siguranţă" şi asigură preluarea adecvată a oxigenului, în concordanţă cu cerinţele efortului prestat.

La nivel tisular, oxigenul din sângele arterial difuzează în plasmă, apoi din aceasta în interstiţiu şi în final la celule. Presiunea parţială a oxigenului scade rapid, asigurând disocierea oxihemoglobinei. La 100 ml sânge arterial se eliberează în ţesuturi, în repaus 7 ml de oxigen (coeficient de utilizare a oxigenului = 0,07%). În cursul unui efort fizic, coeficientul creşte la 12%. Saturaţia hemoglobinei în oxigen este de 95-98%.

Bioxidul de carbon reprezintă produsul final al proceselor oxidative tisulare. Transportul lui se produce sub trei forme: 5% se dizolvă în plasmă, 25% se combină cu hemoglobina şi formează un produs stabil, iar cea mai mare cantitate (70-75%) intră în structura bicarbonaţilor de sodiu şi potasiu. Bicarbonaţii contribuie la menţinerea echilibrului acido-bazic al organismului (pH-ul sangvin la o valoare de 7,35-7,40).

Fenomenul prin care sângele se descarcă de CO_2 şi se combină cu O_2 se numeşte hematoză.

În concluzie, respiraţia îndeplineşte următoarele funcţii:
- asigură aportul de O_2 necesar desfăşurării proceselor vitale;
- asigură eliminarea produşilor toxici de metabolism celular;
- participă la reglarea pH-ului sangvin.

14.2. Evaluarea funcţiilor pulmonare

Evaluarea funcţiilor pulmonare este utilă pentru diagnosticarea stării de sănătate, a efectelor exerciţiilor fizice asupra aparatului respirator, dar şi pentru depistarea bolilor pulmonare sau cu ecou pulmonar şi a gradului lor de severitate. Explorarea funcţională constă în măsurarea parametrilor respiratori reprezentaţi de:
- *volume pulmonare mobilizabile şi nemobilizabile;*
- *debite ventilatorii.*

14.2.1. Măsurarea debitelor şi a volumelor pulmonare mobilizabile

Aceşti parametri reflectă proprietăţile elastice ale peretelui toracic şi parenchimului pulmonar. Măsurarea lor se realizează cu spirometrul (măsoară direct volumele pulmonare şi permite calcularea debitelor respiratorii) sau cu pneumotachograful (măsoară direct debitele şi permite calcularea volumelor pulmonare).

În unele laboratoare de explorări funcţionale se aplică spirometria computerizată care furnizează date complexe prin testarea:

A. volumelor şi capacităţilor pulmonare mobilizabile, în stare de repaus;

B. volumelor şi capacităţilor pulmonare dinamice, numite debite ventilatorii şi măsurate în relaţie cu timpul.

Evaluarea funcţiilor pulmonare se mai poate realiza prin teste de efort (fig. 14.2) şi teste farmacodinamice.

A. Volume şi capacităţi pulmonare statice

În medicină, în investigaţiile pulmonare se folosesc 4 volume şi 4 capacităţi pulmonare.

Volume pulmonare

1. Volumul curent (numit şi volumul tidal, V.T.) reprezintă volumul de aer inspirat şi apoi expirat într-un ciclu respirator de repaus, cu participarea exclusivă a muşchilor inspiratori. Valoarea lui este de aproximativ 0,5 litri.

2. Volumul inspirator de rezervă (V.I.R.) constă în volumul de aer inspirat după o inspiraţie de repaus, fiind introdus peste volumul de aer inspirat în mod obişnuit. Are o valoare de 2,5-3,5 litri, ceea ce constituie aproximativ 60% din capacitatea vitală.

3. Volumul expirator de rezervă (V.E.R.) reprezintă volumul de aer expirat după o expiraţie de repaus, fiind eliminat peste volumul de aer expirat în mod obişnuit, în repaus. Valoarea lui este de 1,0-1,5 litri, ceea ce constituie aproximativ 25% din capacitatea vitală. V.I.R. şi V.E.R. prezintă mari variaţii legate de postura corporală; în timpul efortului scad, în favoarea volumului curent.

4. Volumul rezidual (V.R.) constă în cantitatea de aer care rămâne în plămâni după o expiraţie maximă forţată. Are o valoare de aproximativ 1,5 litri, ceea ce reprezintă 25% din capacitatea vitală. La adulţi variază cu vârsta şi sexul. La bărbaţi este mai mare decât la femei. Odată cu înaintarea în vârstă, volumul rezidual creşte datorită scăderii elasticităţii ţesutului pulmonar, care determină retenţia aerului în alveolele pulmonare şi scăderea capacităţii de rezistenţă la efort. Antrenamentul aerob limitează acest declin.

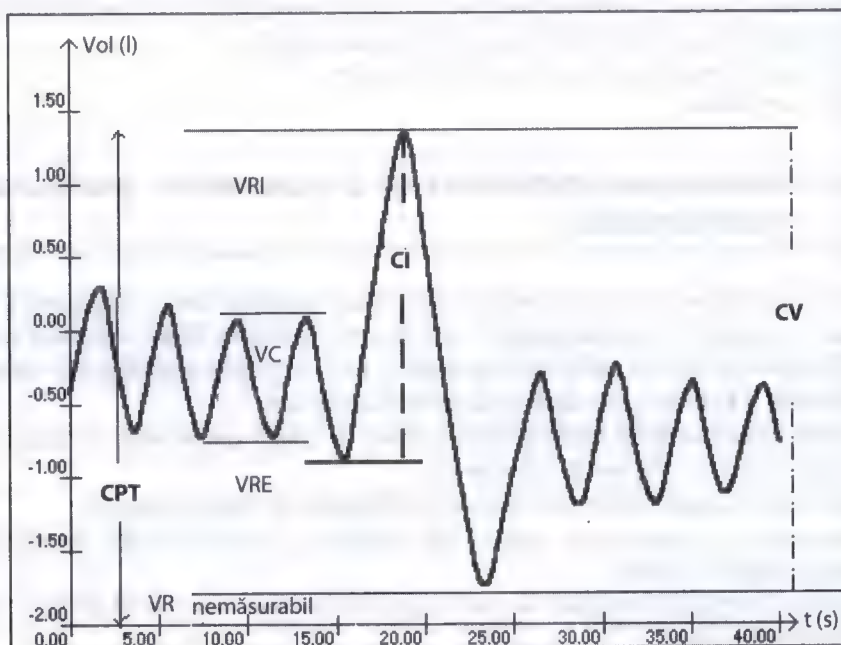


Fig. 14.1 – Spirograma

Capacităţi pulmonare

Capacităţile pulmonare reprezintă suma a două sau mai multe volume respiratorii.

1. Capacitatea pulmonară totală (C.P.T.) reprezintă volumul gazelor pulmonare la sfârşitul unei inspiraţii maxime sau suma tuturor volumelor compartimentelor.

C.P.T = V.T. + V.I.R. + V.E.R. + V.R.

La adultul sănătos, valoarea C.P.T. variază în funcţie de sex şi de dimensiunile corporale.

2. Capacitatea vitală (C.V.) este volumul maxim de aer care poate fi expirat după o inspirație maximă lentă.

C.V. = V.T. + V.E.R. + V.I.R.

La adultul sănătos reprezintă aproximativ 75% din C.P.T.

C.V. reflectă dimensiunile pulmonare care sunt genetic determinate şi nu pot fi apreciabil modificate prin antrenament.

C.V. (ml) se poate raporta la greutatea corporală (kg). Se obţine indicele respirator Demeny, cu o valoare medie de 65 ml/kg corp la bărbat şi 55 ml/kg corp la femeie.

3. Capacitatea inspiratorie (C.I.) reprezintă volumul de aer care poate fi maxim inspirat după o expirație normală, de repaus.

C.I. = V.T. + V.I.R.

La adultul sănătos are o valoare de aproximativ 50% din C.P.T.

Tabelul 14.3 – Capacități pulmonare

Parametrul	Sumă de volume
Capacitatea pulmonară totală	V.T. + V.R. + V.E.R. + V.I.R.
Capacitatea vitală	V.T. + V.E.R. + V.I.R.
Capacitatea inspiratorie	V.T. + V.I.R.
Capacitatea reziduală funcţională	V.R. + V.E.R.

4. Capacitatea reziduală funcţională (C.R.F.) este formată din volumul expirator de rezervă (V.E.R.) şi volumul rezidual (V.R.) la sfârşitul unei expirații obişnuite, de repaus.

C.R.F. = V.R. + V.E.R.

Aceste volume, care rămân în plămâni au rolul de a împiedica variaţiile bruşte ale concentrației gazelor respiratorii, asigurând astfel un transfer continuu alveolo-capilar. La adultul sănătos C.R.F. reprezintă aproximativ 50% din C.P.T.

Capacitatea reziduală funcţională scade în timpul exercițiilor fizice.

Volumele şi capacităţile pulmonare prezentate pot fi sistematizate în mobilizabile şi nemobilizabile. Volumul rezidual (V.R.) şi capacităţile pulmonare care îl conţin (capacitatea reziduală funcţională şi capacitatea pulmonară totală) reprezintă volume nemobilizabile într-un ciclu respirator şi nu pot fi determinate prin spirometrie. Toate celelalte sunt mobilizabile.

B. Debitele ventilatorii reflectă starea căilor aeriene şi pot fi calculate prin:

a) Capacitatea vitală forţată;

b) Ventilaţia pulmonară globală/minut.

- **Debite ventilatorii măsurate pornind de la capacitatea vitală forţată**

Capacitatea vitală forţată (forced vital capacity – F.V.C.) este volumul maxim de aer expirat forţat, după o inspiraţie maximă forţată.

Ca urmare, măsurătorile se fac în cursul unei inspiraţii sau expiraţii forţate şi se obţin:

- debite maxime raportate la timp şi măsurate pe curba debit – timp a spirogramei (V.E.M.S., V.I.M.S.);
- debite instantanee maxime raportate la volumul pulmonar şi măsurate pe curba debit-volum (P.E.F., P.I.F., M.M.E.F., M.M.I.F.).

Capacitatea vitală forţată are valori mai mici decât capacitatea vitală.

Volumul expirator maxim pe secundă (V.E.M.S.) reprezintă volumul maxim de aer expirat în prima secundă a expiraţiei forţate, care urmează unui inspir maxim. Acest volum mai poate fi măsurat şi la 0,5 sau 0,75 sau 2, respectiv 3 secunde de la începutul expiraţiei. Valoarea acestui debit permite aprecierea rezistenţei căilor aeriene la expirarea aerului şi depinde de calibrul bronhiei. Determinările în secundele 2 sau 3 sunt indicate la tinerii fumători, situaţie în care pot surprinde procese obstructive la nivelul căilor aeriene periferice.

V.E.M.S. reprezintă 80% din capacitatea vitală. Are o valoare de 2- 3 l/s la femei şi 3-4 l/s la bărbaţi.

Raportul dintre V.E.M.S./C.V. reprezintă *indicele Tiffeneau* şi are o valoare medie de 75% (0,80 la 20 ani şi 0,70 la 70 ani). Altfel spus, un subiect normal expiră 80% din capacitatea lui vitală în prima secundă a unei expiraţii forţate.

La pacienţii cu sindrom obstructiv indicele Tiffeneau este scăzut (scade V.E.M.S., dar volumele pulmonare sunt normale).

Când scad atât V.E.M.S. cât şi C.V., indicele nu se modifică sau creşte puţin, situaţie întâlnită în sindroame restrictive.

Volumul inspirator maxim pe secundă (V.I.M.S.) reprezintă volumul maxim de aer inspirat în prima secundă a inspiraţiei forţate care urmează unui expir maxim.

Raportul V.E.M.S./V.I.M.S. = 0,8

Debitul expirator maxim de vârf (peack expiratory flow – P.E.F.) reprezintă valoarea cea mai mare a fluxului de aer generat în cursul unei expiraţii maxime şi forţate, care începe după o inspiraţie maximă. Se notează valoarea maximă de flux ce poate fi menţinută 10-15 s. Este dependent de efort, vârstă, sex, dimensiuni corporale şi de forţa de contracţie a musculaturii respiratorii; scade în limitări severe ale debitului aerului.

La bărbaţi are valori de 6-15 l/s, iar la femei 0,8-4,2 l/s.

Debitul inspirator maxim (peack inpiratory flow – P.I.F.) este corespondentul inspirator al P.E.F.

Debitul expirator maxim instantaneu la 25, 50 şi 75% din capacitatea vitală forţată (maximum mid-expiratory flow – M.M.E.F. sau forced mid expiratory flow – F.E.F.) evaluează trecererea aerului prin conductele aeriene medii şi mici, situaţie în care fluxul de aer este influenţat de rezistenţa opusă de aceste conducte aeriene şi de reculul elastic, nu şi de forţa musculaturii respiratorii. Acest debit este mai sensibil decât indicele Tiffeneau şi permite depistarea mai rapidă a sindroamelor de tip obstructiv.

Debitul inspirator maxim instantaneu la 25, 50 şi 75% din capacitatea vitală forţată (maximum mid-inspiratory flow – M.M.I.F. sau forced mid inspiratory flow – F.I.F.) este corespondentul inspirator al M.M.E.F. şi creşte cu intensificarea contracţiei musculaturii.

Aceste debite măsoară valori maxime instantanee înregistrate în cursul unui expir sau inspir maxim forţat, când a fost atinsă 25%, 50% sau 75% din capacitatea vitală forţată. Măsurătorile se pot efectua şi în cursul unui expir sau inspir maxim lent, când procentele cuprinse între 25-75% se măsoară din capacitatea vitală.

- **Debite ventilatorii măsurate pornind de la ventilaţia pulmonară globală**

Ventilaţia pulmonară globală (debitul respirator de repaus) reprezintă volumul total de aer inspirat sau expirat pe minut într-un ciclu respirator de repaus.

De obicei se măsoară volumul total expirat într-un minut (V.E.). Acesta este determinat pe baza formulei:

$$V.E. = V.T. \times F.R.$$

unde:

V.T. = volumul curent;

F.R. = frecvenţa respiratorie.

Valoarea medie a V.T. = 0,5 l

Ventilaţia pulmonară/minut este influenţată de: vârstă, sex, dimensiuni corporale şi activităţi fizice.

Vârful ventilaţiei pulmonare se înregistrează la 15 ani pentru fete şi la 25 ani în cazul băieţilor.

Adulţii peste 25 ani prezintă niveluri reduse ale ventilaţiei pulmonare maxime, indiferent de evoluţia dimensiunilor corporale. Mc Claren at al. (1995) afirmă că scăderea ventilaţiei pulmonare nu poate fi prevenită prin exerciţii fizice.

Diferenţa dintre valoarea ventilaţiei pulmonare globale şi spaţiul mort (V.D.) reprezintă ventilaţia alveolară (Va):

$$Va = (V.T. \times F.R.) - V.D.$$

Ca urmare, cel mai eficient factor de îmbunătăţire a ventilaţiei alveolare este creşterea volumului curent.

Ventilaţia voluntară maximă (maximal voluntary ventilation – M.V.V.) reprezintă volumul maxim de aer care poate fi mobilizat pe unitatea de timp. Se utilizează mai ales ventilaţia maximă pe minut. Diferenţa dintre M.V.V. şi ventilaţia pulmonară globală reprezintă rezerva ventilatorie.

M.V.V. poate fi determinată şi pe o perioadă scurtă predeterminată (15 secunde) de hiperventilaţie voluntară sau de respiraţie maximă de efort. Este un test global al capacităţii ventilatorii.

Ventilaţia voluntară maximă este influenţată de: efortul individual, proprietăţile muşchilor respiratori, rezistenţa aerului şi elasticitatea pereţilor pulmonari.

M.V.V. variază în funcţie de: sex, vârstă, dimensiuni corporale şi rasă.

Testarea acestui parametru este obositoare şi ridică o serie de dificultăţi, de aceea este efectuată mai ales sportivilor, ca probă de efort.

Ventilaţia pulmonară maximă poate fi determinată în mod indirect pe baza unor formule, independente sau dependente de alţi parametri respiratori (V.E.M.S.).

Formula diferenţiată pe sexe:

– pentru bărbaţi

$$M.V.V. = (134 \times \text{înălţimea}) - (1,26 \times \text{vârsta}) - 21,4$$

înălţimea este exprimată în metri, iar vârsta în ani

– pentru femei

$$M.V.V. = 150 - (0,84 \times \text{vârsta})$$

Formula pe baza V.E.M.S:

$$M.V.V. = VEMS \times 30$$

Valorile optime la bărbaţi sunt de 140-180 l/min, iar la femei de 80-120 l/min.

Hanson (1973) citat de E. Roger & Th. Relly a depistat la echipa naţională de sky a SUA valori medii ale MVV de 192 l/min, valoarea maximă extremă fiind de 239 l/min.

Scăderea ventilaţiei maxime evidenţiază măsura în care este perturbată cinetica toraco-pulmonară. Scăderea volumelor pulmonare este caracteristică sindroamelor restrictive, iar a debitelor pulmonare reprezintă semn de îngustare a calibrului căilor aeriene şi caracterizează sindroamele obstructive.

Rezultatele măsurătorilor efectuate în diferite momente ale respiraţiei sunt afişate grafic, realizând o spirogramă (curba volum – timp) prin a cărei interpretare se stabileşte starea ventilatorie a subiectului testat (fig. 14.1). Aceste rezultate pot fi corelate şi cu debitele de aer inspirate/expirate pentru a trasa un grafic denumit curba debit – volum (o alternativă a curbei volum – timp).



Fig. 14.2 – Spirometrie – teste de efort

În cazuri patologice, spirometria reprezintă o primă etapă de evaluare funcţională respiratorie şi de orientare spre investigaţii mai sensibile sau specifice afecţiunilor posibile.

Spirometria se efectuează în sisteme cu circuit deschis şi închis. Paramerii respiratori statici şi dinamici măsurabili în aceste sisteme sunt:

a) **Spirometrie cu circuit închis**:
- volumul curent (V.T.);
- frecvenţa respiratorie (F.R.);
- volumul inspirator de rezervă (V.I.R.);
- volumul expirator de rezervă (V.E.R.);
- capacitatea vitală forţată (F.V.C.);
- volumul rezidual (V.R.);
- consumul maxim de oxigen (VO_2 max);
- capacitatea pulmonară totală (C.P.T. sau T.L.C.);
- capacitatea reziduală funcţională (C.R.F.).

b) **Spirometrie cu circuit deschis** (Vitalograf):
- capacitatea vitală forţată (F.V.C);
- volumul expirator maxim pe secundă (V.E.M.S.);
- debitul expirator maxim instantaneu între 25% şi 75% din capacitatea vitală forţată (FEF);
- consumul maxim de oxigen (VO_2 max);
- debitul expirator maxim (P.E.F.);
- ventilaţia voluntară maximă (M.V.V.) etc.

Adăugarea la spirometru a unui circuit complementar care include un pulsoximetru (fig. 14.3) permite determinarea frecvenţei cardiace şi a saturaţiei hemoglobinei în oxigen, care trebuie să fie 95-98%.



Fig. 14.3 – Spirometru cu pulsoximetru

14.2.2. Măsurarea volumelor pulmonare nemobilizabile

Volumul rezidual este nemobilizabil, de aceea nu poate fi direct măsurabil prin spirometrie. Se poate calcula pe baza unor formule sau măsura indirect prin pletismografie sau prin metode în circuit închis, care utilizează ca trasor heliul (gaz inert). Se poate folosi şi spirometrul la care se cuplează un analizor de heliu.

Pletismograful este o incintă (fig. 14.4) de mari dimensiuni, în care este plasat subiectul explorat. Variaţiile volumului toracic modifică presiunea din incintă, generând un semnal (proporţional cu variaţiile de presiune) pe baza căruia se măsoară presiunea din spaţiu, şi indirect volumul aerului intratoracic, fie că acesta comunică sau nu cu căile aeriene. Pletismografia nu poate fi utilizată în cazul subiecţilor cu mobilitate toracică redusă.



Fig. 14.4 – Pletismograf digital

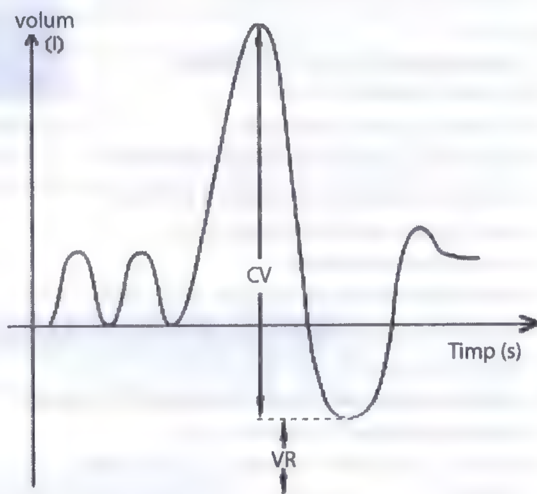


Fig. 14.5 – Pletismograma

Tot prin aceste metode se poate măsura şi capacitatea pulmonară totală, pentru că include în componenţa ei volumul rezidual.

Alături de pletismografie şi diluţia heliului, spălarea cu nitrogen reprezintă o tehnică nouă (Wrangler at al. 2005), aplicată pentru măsurarea unor parametri ai funcţiei pulmonare.

14.2.3. Factori de variaţie ai parametrilor respiratori

Variaţiile parametrilor respiratori sunt atribuite unor factori biologici sau tehnici (aparatură).

În cazul factorilor biologici, variaţiile sunt consecinţa: vârstei (8%), sexului (30%), dimensiunilor corporale (22%), rasei (10%), nivelului activităţii fizice, stărilor biologice speciale (sarcină) şi stărilor patologice (sindroame obstructive sau restrictive pulmonare, tulburări ale aliniamentului corporal, obezitate etc.).

a) Nivelul de activitate fizică. În repaus, plămânii ventilează 8 l de aer/minut, în cursul unei activităţi sedentare 16 l/minut, în mers 24, iar în alergare cca 50-60 l/minut.

Un antrenament sistematic ameliorează rezistența și eficiența mușchilor respiratori, adaptare care se manifestă prin creșterea volumului de aer inpirat și scăderea frecvenței respiratorii în timpul efortului. Astfel, pentru a realiza un necesar de 60 l/min în timpul unui efort, o persoană neantrenată răspunde prin creșterea frecvenței respiratorii la 30 de respirații/min a câte 2 l, în timp ce la sportiv frecvența respiratorie ajunge la 20 de respirații/min a câte 3 l.

b) Sexul. Toate volumele și capacitățile pulmonare sunt cu 20-25% mai mari la bărbați decât la femei, la sportivi decât la nesportivi și mai mici la persoanele astenice.

c) Vârsta. După încetarea creșterii în înălțime, parametrii respiratori bazați pe volume pulmonare mobilizabile ating valori maxime la adult, după care se reduc accentuat, proporțional cu înaintarea în vârstă. Concomitent se produce creșterea volumului rezidual și a capacității reziduale funcționale, datorită modificării proprietăților elasice ale căilor respiratorii. V.E.M.S. scade cu 10-30 ml/an la subiecți sănătoși.

e) Rasa influențează esențial valorile parametrilor respiratori, pentru că reflectă caracteristici antropometrice (de exemplu raport bust/înălțime) și genetice bine exprimate la nivelul aparatului respirator. Rasa caucaziană europeană are volume pulmonare statice și dinamice mai mari în comparație cu alte rase.

c) Pozițiile corpului influențează în mod categoric diverși parametrii, după cum urmează:

- volumul rezidual (V.R.) crește cu până la 20% în poziția așezat față de poziția stând;
- capacitatea vitală forțată (F.V.C.) este cu 7-8% mai mică în decubit dorsal față de poziția stând și cu 1-2% în poziția așezat față de poziția stând (Townsend 1984; Allen at al., 1985);
- volumele pulmonare măsurate la persoane obeze sunt mai mari în poziția stând față de poziția așezat.

f) Ritmul circadian contribuie la modificări diurne ale funcției respiratorii. Astfel, cele mai mici valori ale debitului expirator maxim (P.E.F.) s-au înregistrat între 4 și 6 dimineața, iar cele mai mari în timpul prânzului (Hetzel & Clark,1980).

g) Factorii tehnici sunt reprezentați de aparatura utilizată. Pentru ca rezultatele măsurătorilor efectuate în dinamică să poată fi comparabile condițiile trebuie să fie reproductibile.

14.2.4. Validarea și interpretarea rezultatelor

Explorarea funcțională respiratorie este un examen noninvaziv, ușor de efectuat, dar presupune respectarea unor condiții pentru ca rezultatele să fie fiabile și reproductibile. Majoritatea testărilor se efectuează cu subiectul instalat confortabil în poziția așezat (sau stând, niciodată în decubit), calm, îmbrăcat lejer (pentru a nu stânjeni mișcările respiratorii), după o perioadă de repaus pentru stabilizarea parametrilor funcționali (respirație constantă ca frecvență și amplitudine). Limita minimă de vârstă este de

4 ani. Când parametrii respiratori sunt măsuraţi cu spirometrul, subiectul este conectat la aparat prin intermediul unei măşti, iar când se utilizează anumite tipuri de pneumotachograf, respiră direct aerul ambiental. Având în vadere variaţiile circadiene, se impune menţinerea orei de măsurare, dacă evaluările se efectuează în scop comparativ. Subiectul trebuie să fie cooperant; evaluatorul îi va oferi explicaţii în legătură cu testarea şi îl va încuraja pentru a putea obţine cele mai bune rezultate.

Valorile volumelor şi debitelor respiratorii sunt măsurate în condiţii de B.T.P.S. (Body Temperature and Pressure Saturated) şi interpretate la presiune şi temperatură ambiantă saturată în vapori de apă. Pentru aceasta se aplică un factor de corecţie A.T.P.S. (Ambiental Temperature and Pressure Saturated with watter vapor), în funcţie de temperatura şi presiunea atmosferică la momentul examinării (corecţia este de cca 10% şi se face pe baza unor tabele).

Pentru ca parametrii măsuraţi să poată fi corect interpretaţi, curbele înregistrate spirometric trebuie să îndeplinească o serie de condiţii în privinţa calităţii: la determinări repetate (de regulă, 3 la număr), analiza caracteristicilor morfologice a acestora trebuie realizată în condiţii de reproductibilitate pe curbe diferite (curbele trebuie să aibă forme similare, cu un vârf semnificativ, practic trebuie să se suprapună). Diferenţele dintre valorile capacităţii vitale obţinute la determinări repetate nu vor depăşi 3% sau 100ml (se reţine valoarea cea mai mare).

Variabilele măsurate se exprimă în valori absolute şi în procente faţă de valorile de referinţă. Aceste norme au fost stabilite de European Respiratory Society (E.R.S.) şi American Thoracic Society (A.T.S.). Interpretarea rezultatelor în funcţie de vârstă, sex şi înălţime nu ţine cont decât de aproximativ 70% din procentul de variabilitate fiziologică a parametrilor ventilatori. Restul variabilităţii depinde de rasă (12-15%) şi de alţi numeroşi factori: mod de viaţă, domiciliu urban sau rural, atitudine faţă de fumat, poluare, activitate profesională, factori genetici, număr de sarcini, talia sau anvergura la subiecţii vârstnici etc. Acestea explică plaja mare de normalitate în jurul unei valori medii şi impune stabilirea unor norme pe ţări sau chiar pe regiuni ale acestora, în funcţie de rasă. Scala valorilor normale este de +/−20% în raport cu valoarea teoretică pentru toate variabilele măsurate. Acest interval faţă de valorile de referinţă este considerat arbitrar. Specialiştii domeniului propun ca pragul normalităţii să se stabilească în raport cu abaterea standard.

Sportivii de performanţă trebuie să depăşească aceste standarde cu cel puţin 10% în privinţa volumului curent şi a capacităţii vitale. Limita de normalitate pentru indicele Tiffeneau este fixată la 85% din valoarea teoretică.

Spirometria poate fi efectuată ca test izolat (şi interpretat punctual) sau se poate repeta (cu echipamente identice şi după protocoale identice) pentru evaluarea longitudinală a aceluiaşi subiect. Aplicată pe grupuri de subiecţi, valorile se compară cu populaţia teoretică de referinţă sau cu un lot de control în cadrul unor studii epidemiologice sau prospective. Scopul măsurătorilor este de cercetare a variaţiilor nivelului funcţional pulmonar datorate factorilor fiziologici şi demografici, dar şi de diagnostic şi monitorizare a pacienţilor cu suferinţe care afectează direct sau indirect mecanica respiratorie:

afecţiuni pulmonare (astm, emfizem pulmonar, pleurezii, pahipleurite etc.), osteo-articulare (sechele după traumatisme toracice, cifoze, scolioze, spondilită ankilozantă etc.), metabolice (obezitate), cardiace, neuromusculare, boli de sistem (patologii care afectează mai multe organe).

Spirograma expiratorie forţată a devenit de referinţă în supravegherea funcţiei pulmonare. Tot mai mulţi specialişti în pneumologie resping practica determinării volumelor respiratorii pe baza unor formule, considerând că măsurarea directă este singura în măsură să ofere date viabile.

14.2.5. Alte metode de evaluare a aparatului respirator

Aparatul respirator poate fi evaluat sub aspect morfologic şi funcţional printr-o serie de măsurători antropo-fiziologice, efectuate cu instrumente simple (rezultate uşor de interpretat) sau cu aparate mai mult sau mai puţin sofisticate, dar a căror interpretare necesită personal medical specializat sau ultraspecializat. Vom prezenta câteva dintre acestea.

Perimetria toracică constă în măsurarea perimetrului toracic în repaus, inspir profund şi expir profund. Din diferenţa ultimilor doi parametri se calculează elasticitatea toracică (are valori de 9-12 cm la sportivi). În anumite sporturi, în care efortul specific se realizează cu toracele blocat, elasticitatea pulmonară scade (haltere, atletism - aruncări, culturism ş.a).

Bustul (înălţimea în poziţia aşezat) este utilizat pentru predicţia funcţiei pulmonare la copii, mai ales în perioadele de creştere rapidă în înălţime. Reamintim că în formulele calcul a parametrilor bazaţi pe înălţime, aceasta este înlocuită cu anvergura în cazul subiecţilor care nu pot menţine ortostatismul şi la cei cu deformări severe ale cutiei toracice (cifoscolioze cu gibozităţi costale monstruoase).

Impedanţa toracică variază în timpul ciclurilor respiratorii prin variaţiile volumului cutiei toracice. Modificările de impedanţă sunt obiectivizate printr-o curbă a respiraţiei. Analiza graficului permite determinarea frecvenţei respiratorii, a amplitudinii şi ritmului respirator.

Radiografia toraco-pulmonară este un examen standard simplu, care poate furniza informaţii utile despre suferinţe ale peretelui toracic şi ale organelor intratoracice.

În cazul plămânilor, acest test imagistic permite diagnosticarea unor anomalii, a cancerului pulmonar sau a altor tumori, a emfizemului pulmonar etc. Rezultatele examenului radiologic trebuie coroborate cu examenul clinic.

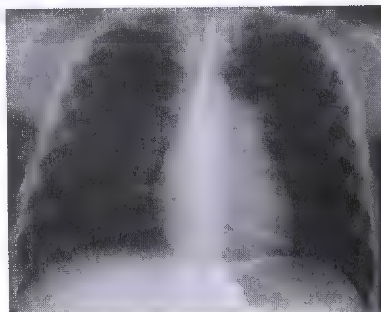


Fig. 14.6 – Radiografie toraco-pulmonară

Pentru cazurile nevizualizate pe radiografie se utilizează **tomografia computerizată**. Aceasta permite un diagnostic precis. De exemplu, în cazul depistării unui nodul pulmonar, furnizează relaţii de înaltă fidelitate în legătură cu morfologia, dimensiunile şi caracterul (invaziv sau noninvaziv) al acestuia. Se pot efectua examinări în sistem 3D, inclusiv reconstituirea virtuală a unor imagini.

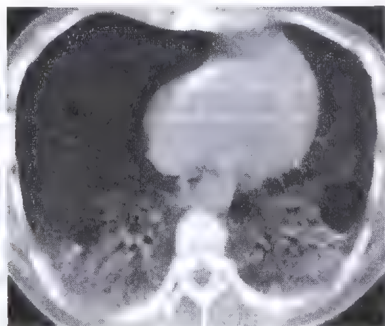


Fig. 14.7 – Tomografie computerizată

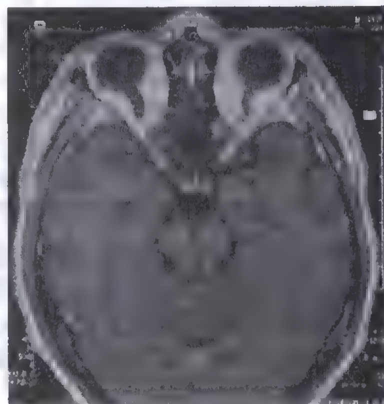


Fig. 14.8 – Rezonanţă magnetică

Rezonanţa nucleară magnetică permite examinarea noninvazivă de înaltă fidelitate a toracelui şi vaselor în sistem 2D sau 3D.

În mod normal, semnalul emis de plămân este absent. Toate cazurile patologice sunt diagnosticate prin secvenţe rapide (reprezintă echivalentul vizual al unei secţiuni anatomice) care permit localizarea spaţială de calitate excelentă a zonelor afectate.

Metodele de evaluare a aparatului respirator sunt numeroase, majoritatea au indicaţii speciale, de aceea considerăm că nu este necesar să insistăm asupra acestor aspecte.

Subliniem că în afara testelor de explorare funcţională respiratorie, se aplică şi teste de evaluare a rezervelor cardio-pulmonare, cum ar fi testul de mers 6-8 minute sau spiroergometria efectuată în timpul unui efort efectuat la bicicletă sau pe covor rulant, cu determinarea consumului maxim de oxigen (vezi cap. 17).

Capitolul 15

MĂSURAREA ŞI EVALUAREA FUNCŢIEI CARDIACE

15.1. PARAMETRI CARDIACI

15.2. METODE DE EVALUARE CARDIOVASCULARĂ

15.1. Parametri cardiaci

Inima este un muşchi striat comandat de sistemul nervos vegetativ. Ea asigură debitul sangvin, adică transportul de oxigen şi al substanţelor nutritive către ţesuturile periferice.

În timpul unui exerciţiu fizic parametrii cardiaci (volumul sistolic, debitul cardiac, frecvenţa cardiacă şi presiunea arterială) variază în funcţie de cantitatea de oxigen (VO_2) de care organismul are nevoie.

Volumul sistolic exprimă volumul maxim de sânge conţinut în ventricule şi ejectat cu fiecare sistolă ventriculară în sistemul arterial. Este determinat de: întoarcerea venoasă, capacitatea de umplere a ventriculelor, forţa lor de contracţie, precum şi de presiunea din aortă şi trunchiul arterial pulmonar.

Volumul sistolic creşte prin trecerea din repaus la un efort moderat. În majoritatea cazurilor este maxim pentru o intensitate submaximală, când consumul de oxigen reprezintă aproximativ 40% din consumul maxim de oxigen (E. Fox).

Tabelul 15.1 – Variaţiile volumului sistolic (ml/min) în funcţie de activitatea fizică la bărbaţi în eforturi maximale

Tip de activitate fizică	Repaus	Efort
Sedentar	70 - 90	100 - 120
Sportiv	100 - 120	150 - 170

La atleţi în probe de fond volumul sistolic creşte până la valori de 180 - 200 ml/min.

Tabelul 15.2 – Variaţiile volumului sistolic (ml/min) în funcţie de activitatea fizică la femei în eforturi submaximale

Tip de activitate fizică	Repaus	Efort
Sedentar	50 - 70	70 - 90
Sportiv	80 - 100	100 - 120

Pentru acelaşi consum de oxigen, volumul sistolic este mai mic la femei, comparativ cu bărbaţii. În plus, datorită volumului cardiac mai mic, volumul sistolic atinge valoarea maximă în cursul unui efort submaximal.

Debitul cardiac (D.C.) exprimă volumul de sânge sistolic (V.S.), expulzat de pompa ventriculară în unitatea de timp; este deci o funcţie a volumului intracardiac, a forţei de contracţie a inimii şi a frecvenţei cardiace (F.C.).

$$D.C. = V.S. \times F.C.$$

Debitul cardiac este relativ constant în timpul repausului şi înregistrează valori de 5-6 l/minut. Creşte cu 15-20% la trecerea din ortostatism în poziţie aşezat, în sarcină şi scade cu vârsta.

În timpul antrenamentelor sau al unui exerciţiu fizic intens creşte de 4-7 ori faţă de repaus, pe baza frecvenţei cardiace şi a volumului sistolic.

În timpul unui efort maximal poate depăşi 30 l/min, ajungând la atleţi în probele de fond la valori de 40 l/min.

La femei debitul cardiac este mai mare pentru acelaşi consum de oxigen, deoarece numărul de hematii şi capacitatea de transport a oxigenului către ţesuturi sunt mai mici.

Prin raportarea debitului cardiac la suprafaţa corporală se obţine indicele cardiac, care se exprimă în l/min/m^2 şi are valori cuprinse între 2,6 şi 3,8.

Frecvenţa cardiacă de repaus determină în parte condiţia fizică generală a cordului şi desemnează numărul de bătăi pe minut necesar inimii pentru a pompa sângele în întregul organism.

La sportivi, frecvenţa cardiacă de repaus se situează în jurul valorii de 50 bătăi/minut. Au fost raportate şi valori cuprinse între 28 şi 40 de bătăi/min (Costill, 2000). Drăgan I. (2002) consemnează în eforturile de scurtă durată (forţă explozivă-viteză, predominant anaerobe), frecvenţe cardiace de 60-68 bătăi/min în clinostatism şi de 60-78 bătăi/min în ortostatism, iar în eforturi de lungă durată valori de 48-60 bătăi/min în clinostatism şi mai mari cu 5-20 bătăi/min în poziţie ortostatică.

La sedentari, frecvenţa cardiacă de repaus este de 60-80 bătăi/minut. În general, scade cu vârsta.

În timpul unui efort fizic, frecvenţa cardiacă creşte pe măsură ce creşte şi consumul de oxigen şi ajunge uneori la valori maxime înainte de a se atinge consumul maxim de oxigen. Aceasta explică valorile maxime ale volumului sistolic la un consum submaximal de oxigen. Din acest moment, creşterea debitului cardiac se produce exclusiv pe seama frecvenţei cardiace. De la o anumită frecvenţă cardiacă, timpul dintre două contracţii ventriculare succesive (timpul diastolei) devine foarte scurt, inima nu se mai umple cu o cantitate suficientă de sânge, iar creşterea frecvenţei cardiace nu se însoţeşte de o creştere proporţională a debitului cardiac. Aportul de oxigen scade atât la periferie, cât şi la nivel cardiac, deoarece coronalele irigă cordul în diastolă. Această stare fiziologică corespunde pragului anaerob.

Frecvenţa cardiacă la pragul anaerob este de 170-175 bătăi/minut. Pragul nu reprezintă o barieră precisă, este variabil şi dependent de: vârstă, ereditate şi stare de antrenament. Până la acest prag, principalul factor limitativ al efortului este lipsa rezervelor energetice de glicogen.

Amoretti, R. (2005) a raportat la atleţi în probele de 800 şi 1500 m valori ale frecvenţei cardiace de 190-200 de bătăi/min; la 10000 m şi în probele de maraton, valori de 150-170 de bătăi/min, iar în proba de 100 m valorile maxime înregistrate au fost de 150 de bătăi/min.

La fotbalişti pe postul de înaintaş valorile medii au atins 160 de bătăi/min, cu accelerări la 180 de bătăi/min şi cu vârfuri de 195 de bătăi/min.

Solicitarea cardiacă nu este legată numai de necesarul energetic, ci şi de componenta psihică (în special emoţională).

Efortul fizic sistematic este responsabil de scăderea frecvenţei cardiace de repaus, creşterea capacităţii de efort şi a consumului maxim de oxigen la sportivi. Ca urmare, subiecţii antrenaţi ating frecvenţa cardiacă maximă într-un timp mai scurt, la volume de lucru şi la un consum de oxigen mai mari.

Creşterea volumului sistolic şi scăderea frecvenţei cardiace indică un sistem cardiovascular eficient, care poate atinge debitul cardiac maxim cu o frecvenţă cardiacă mult scăzută. Aceasta se observă la sportivii bine antrenaţi, de înalt nivel.

Pentru a asigura acelaşi debit cardiac, frecvenţa cardiacă are valori diferite la sportiv şi sedentar.

Exemplul următor este edificator:

- să considerăm DC = 20 l/min;
- VS = 150 ml/min la sportiv;
- VS = 100ml/min la sedentar.

Înlocuim în formula: DC = VS x FC

20 = 150 x FC

FC = 20/150 = 0,133 l/min = 133 bătăi/min.

FC = 133 bătăi/min la sportiv

20 = 100 x FC

FC = 20/100 = 0,200 l/min = 200 bătăi/min.

FC = 200 bătăi/min la sedentar

Efectuarea unei activităţi cotidiene la sedentari creşte frecvenţa cardiacă la 80-90 de bătăi/minut, o repriză de mers rapid la 130-140 de bătăi/minut, iar alergarea la 170-175 de bătăi/minut.

Frecvenţa cardiacă prezintă variaţii diurne, aspect care trebuie luat în considerare la testări repetate.

Tabelul 15.3 – Variaţiile diurne ale frecvenţei cardiace în repaus şi într-un efort fizic
(Reilly & Brooks, 1990)

Condiţii	Momentul zilei					
	ora2	ora 6	ora 10	ora 14	ora 18	ora 22
	Frecvenţa cardiacă(bătăi/min)					
Repaus	65	69	73	74	72	69
Ex. uşor	100	103	109	109	105	104
Ex. moderat	130	131	138	139	135	134
Ex. maximal	179	179	183	184	181	181
După 3 min de repaus	118	122	129	128	128	125

Presiunea arterială prezintă două valori; maximă (sistolică) şi minimă (diastolică).

Presiunea cu care sângele este împins în artere în timpul sistolei ventriculare se numeşte sistolică. În timpul diastolei presiunea intraventriculară scade până atinge valoarea minimă numită presiune diastolică.

Potrivit OMS, nu există diferenţe între sportivi şi nesportivi în privinţa tensiunii arteriale de repaus. Tensiunea arterială sistolică (TAS) de repaus are valori de 100-140 mm Hg şi de 60-90 mm Hg pentru diastolică (TAD), rezultând o tensiune diferenţială de 40-50 mm Hg (TAS – TAD).

Tensiunea arterială medie (TAM) este de aproximativ 90-100 mm Hg şi reprezintă un indicator al debitului sanguin în marea circulaţie.

Tensiunea arterilă medie nu exprimă valoarea medie între tensiunea arterială sistolică şi diastolică, pentru că durata diastolei este mai mare decât a sistolei.

Valoarea TAM este estimată după formula:

$$TAM = TAD + 1/3\ (TAS - TAD)$$

Variaţiile de presiune sunt reduse în capilare, pentru că arterele sunt elastice şi îşi modifică diametrul în cursul revoluţiei cardiace. Elasticitatea arterelor şi a arteriolelor influenţează, alături de vâscozitatea sângelui şi de lungimea vaselor, rezistenţa vasculară periferică (frecarea sângelui de pereţii vaselor) şi constituie un obstacol pentru volumul de ejecţie sistolică.

În antrenamentul la altitudine, de exemplu, se produce creşterea numărului de hematii (ca fenomen adaptativ la scăderea presiunii parţiale a oxigenului din aerul atmosferic) urmată de creşterea viscozităţii sangvine şi, în final, a rezistenţei vasculare periferice.

În repaus, arteriolele şi capilarele sunt închise. În efort, se deschid pentru a uşura transportul de oxigen către efectorul muscular.

La sportivi, numărul capilarelor funcţionale şi al celor de rezervă (care devin funcţionale în efort) este mult mai mare comparativ cu o persoană sedentară, de aceea şi rezistenţa vasculară periferică este mai mică.

Rezistenţa vasculară periferică (R) nu poate fi măsurată direct, dar se poate aprecia după formula:

$$R = TAM/DC$$

unde:

TAM (tensiunea arterială medie) = 90 mm Hg,

iar

DC (debitul cardiac) = 5 l/min.

R = 90/5 = 18 mm Hg/ml/min.

În cursul unui exerciţiu fizic, rezistenţa vasculară periferică suferă modificări importante. Astfel, dacă în timpul unui exerciţiu maximal tensiunea arterială medie este de

126 mm Hg şi debitul cardiac ajunge la valori de 30 l/min, rezistenţa vasculară periferică scade la 4,2 mm Hg/ml/min (creşterile debitului cardiac sunt mult mai mari decât scăderea rezistenţei vasculare periferice).

Tabelul 15.4 – Valori ale tensiunii arteriale normale
(după Institutul Naţional de Sănătate, SUA, 1997)

Calificativ	Presiune arterială sistolică (mm Hg)	Presiune arterială diastolică (mm Hg)
Optim	< 120	< 80
Normal	< 130	< 85
Limită superioară a normalului	130 - 139	85 - 89

Cea mai mare parte a activităţilor umane presupune alternanţa unor perioade scurte de efort static intens cu perioade lungi de efort dinamic uşor sau mediu. Aceste solicitări impun adaptări barometrice şi volumetrice.

Adaptările barometrice vizează învingerea rezistenţelor vasculare periferice, obiectiv care se realizează prin creşterea tensiunii arteriale; debitul cardiac se modifică puţin, printr-o uşoară tahicardie.

Adaptările volumetrice vizează creşterea debitului cardiac, obiectiv care se realizează prin creşterea frecvenţei cardiace şi a volumului sistolic; rezistenţele periferice scad şi presiunea arterială medie variază puţin.

Solicitările statice şi dinamice pe termen lung produc la sportivi modificări importante anatomice şi funcţionale la nivelul aparatului cardiovascular. Astfel, în efortul static (efectuat de un halterofil), toracele şi abdomenul sunt blocate în expiraţie. Acest blocaj respirator produce creşterea presiunii intratoracice, care se repercutează asupra capilarelor pulmonare, a ventriculului şi atriului drept, a sistemului venos, în special asupra venei cave superioare. Ca urmare, presiunea arterială creşte şi scade întoarcerea venoasă.

În efortul dinamic, constând în alergare pe distanţe lungi, respiraţia este controlată, iar adaptarea cardiovasculară are ca principal obiectiv asigurarea necesarului energetic la nivel muscular, cardiac, nervos etc.

Activităţile desfăşurate în regim de anduranţă influenţează favorabil sistemul cardiovascular: scad tensiunea arterială, frecvenţa cardiacă şi rezistenţa periferică; la nivelul miocardului scade consumul de oxigen şi creşte densitatea mitocondriilor.

Într-un efort moderat, valorile tensiunii arteriale sistolice cresc până la 160-170 mm Hg (Astrand at al., 1992).

Drăgan I. (1994) a depistat valori medii de 240-250 mm Hg după eforturi de intensitate maximală, iar Bowers & Fox (1998) raportează valori de 160-170 mm Hg ale tensiunii arteriale sistolice şi de 74-75 mm Hg ale diastolicei, după efort submaximal.

Tabelul 15.5 – Relația dintre modificările fiziologice hemodinamice și tipul de efort (după Niedfeld, 2003)

Tip efort	Răspuns hemodinamic								
	Acut (în timpul efortului)							Cronic	
	DC	VS	RVP	FC	IV	TAS	TAD	HVS	FVS
Dinamic	↑	↑		↑	↑	↑	neafectat	excen	N
Static	↑	neafectat	neafectat	↑	↑	↑	↑	conc	N

DC = debit cardiac; VS = volum sistolic; RVP = rezistență vasculară periferică;
FC = frecvență cardiacă; IV = întoarcere venoasă; TAS = tensiune arterială sistolică;
TAD = tensiune arterială diastolică; HVS = hipertrofie ventriculară stângă;
FVS = funcție ventriculară stângă.

Metoda Karvonen, numită și ***metoda rezervei funcționale cardiace***, permite efectuarea unui efort prin monitorizarea frecvenței cardiace de rezervă.

FC de rezervă = FC maximă teoretică – FC de repaus.

FC maximă teoretică se calculează după formula lui Åstrand:

FC max = 220 – vârsta (ani)

Astfel, dacă un subiect are vârsta de 20 ani:

FC max = 220 – 20 = 200 bătăi/min

FC de repaus se măsoară dimineața, imediat după repausul nocturn, cu subiectul în stare de relaxare. Presupunem că FC de repaus = 50 de bătăi/min și calculăm FC de rezervă:

FC de rezervă = 200 – 50 = 150 de bătăi/min

Un antrenament (sportiv sau de recuperare medicală) poate fi efectuat la o intensitate aleasă, prin calcularea frecvenței cardiace de lucru, după următoarea formulă:

FCL =% (FC max – FC repaus) + FC repaus

unde:

FCL = frecvența cardiacă de lucru;

% = procent din intensitatea aleasă;

FC max = frecvența cardiacă teoretică maximă;

FC repaus = frecvența cardiacă de repaus.

După S.Cottreau (2003), antrenamentul se poate desfășura în 3 zone:

a) zona cardiacă a antrenamentului de intensitate mică se situează la o valoare de 50-70% din frecvența cardiacă de rezervă. Autorul menționat subliniază că aceasta

este zona de „anduranţă fundamentală", în care se desfăşoară 80% din timpul antrenamentelor.

Dacă ne propunem să lucrăm la o intensitate a efortului de 60% din frecvenţa cardiacă de rezervă,înlocuim în formula anterioară şi obţinem o frecvenţă cardiacă de lucru de 140 bătăi/min, astfel:

FCL = 0,6 (200 – 50) + 50 = 0,6 x 150 + 50 = 90 + 50 = 140 bătăi/min

b) zona cardiacă a antrenamentului de intensitate moderată se situează la 70-85% din frecvenţa cardiacă de rezervă. Este zona de „rezistenţă uşoară" în care se antrenează sportivii, şi căreia îi este alocat 15% din timpul antrenamentelor.

Înlocuind în aceeaşi formulă, la o intensitate a efortului de 80% din frecvenţa cardiacă de rezervă, obţinem o frecvenţă cardiacă de lucru de 170 bătăi/min, astfel:

FCL = 0,8 (200 – 50) + 50 = 0,8 x 150 + 50 = 120 + 50 = 170 bătăi/min

c) zona cardiacă a antrenamentului de intensitate maximală se situează la 85-95% din frecvenţa cardiacă de rezervă. Este zona de „rezistenţă dură", care trebuie să ocupe cel mult 5% din timpul antrenamentelor.

Respectând algoritmul anterior, pentru o intensitate a efortului de 90% din frecvenţa cardiacă de rezervă, obţinem o frecvenţă cardiacă de lucru de 185 bătăi/min, astfel:

FCL = 0,9 (200 – 50) + 50 = 0,9 x 150 + 50 = 135 + 50 = 185 bătăi/min

Dacă pentru acelaşi subiect, în vârstă de 20 ani, frecvenţa cardiacă de lucru ar reprezenta pentru situaţiile a, b şi c aceleaşi procente (60, 80, respectiv 90%), dar din valoarea frecvenţei cardiace maxime teoretice, valorile ar fi următoarele:

a) FCL = 0,6 x 200 = 120 bătăi/min (140 pe baza FC de rezervă);
b) FCL = 0,8 x 200 = 160 bătăi/min (170 pe baza FC de rezervă);
c) FCL = 0,9 x 200 = 180 bătăi/min (185 pe baza FC de rezervă).

Se observă că, dacă se ia ca reper FC max teoretică, se obţin valori ale frecvenţelor cardiace de lucru mai mici, comparativ cu FC de rezervă. Ca urmare, metoda Karvonen este mai precisă şi recomandabilă în dirijarea antrenamentului.

Calcularea intensităţii unui efort prestat, ca procent din FC max (indicator al VO_2 max, vezi capitolul referitor la capacitatea de efort) şi încadrarea acestuia în zona cardiacă a antrenamentului, se poate realiza pe baza următoarei formule a lui Karvonen (1983):

% FC max = FC după efortul prestat – FC de repaus/FC max teoretică – FC de repaus

Formula permite calibrarea efortului tot în funcţie de rezerva cardiacă (diferenţa dintre FC max şi FC de repaus).

Tabelul 15.6 – Echivalentul procentajelor între FC maximă teoretică şi FC de rezervă (S. Cottreau, 2003)

Zona cardiacă de antrenament	Procente din FC max	Procente din FC de rezervă
Anduranţă fundamentală	60 - 80%	50 - 70%
Rezistenţă uşoară	80 - 90%	70 - 85%
Rezistenţă dură	90 - 95%	85 - 95%

Dacă, în urma efectuării unui antrenament, doi sportivi, cu aceeaşi vârstă (20 ani), înregistrează aceeaşi frecvenţă cardiacă (180 bătăi/min), dar unul are o frecvenţă cardiacă de repaus de 60 bătăi/min (sportivul A) şi celălalt 45 bătăi/min (sportivul B), intensitatea relativă a efortului va fi diferită.

Înlocuind valorile în formula de mai sus, calculul este următorul:

Sportivul A

% FC max = 180 – 60/200 – 60 = 120/140 = 85%

Sportivul B

% FCmax = 180 – 45/200 – 45 = 135/155 = 87%

Dacă se aplică un simplu raport, fără a lua în calcul şi FC de repaus:

% FC max = FC după efort/FC max teoretică

% FC max = 180/200 = 90%, valoare care supraestimează efortul prestat (85, respectiv 87%).

Rezultă că FC max, calculată după formula lui Åstrand, oferă valori medii ale acestui parametru; fiecare individ are reactivitatea proprie la efort, pornind de la frecvenţa cardiacă de repaus. Ca urmare, FC de rezervă rămâne valoarea de referinţă pentru exprimarea intensităţii unui efort.

15.2. Metode de evaluare cardiovasculară

Evaluarea cardiovasculară vizează starea morfofuncţională a aparatului cardiovascular în repaus sau în stare dinamică.

Rezultatele acestor evaluări sunt diferite, după cum subiectul este un sportiv de performanţă sau o persoană sedentară. Practicarea intensă şi regulată a unui sport poate induce modificări adaptative cardiovasculare (clinice, morfologice şi funcţionale) grupate sub denumirea de „cord sportiv". Este bine să cunoaştem aceste particularităţi morfologice şi funcţionale pentru a nu le considera patologice.

Parametrii monitorizabili sunt numeroşi, iar interpretarea lor necesită personal de specialitate. Vom insista asupra frecvenţei cardiace şi tensiunii arteriale, pe baza cărora ne putem orienta în activitatea practică desfăşurată atât în laborator, cât şi pe teren. Frecvenţa cardiacă reprezintă un indicator indirect al consumului de oxigen dintr-un efort.

15.2.1. Probe funcţionale de efort

Aceste probe confruntă subiectul cu eforturi de diferite intensităţi, care au ca obiectiv principal depistarea unor eventuale disfuncţii sau anomalii ale sistemului cardiovascular, câteodată absente sau slab exprimate în repaus. Evaluările se pot efectua în dinamică, rezultatele fiecărei testări devenind repere pentru evaluările următoare.

Cu toate că activităţile curente şi majoritatea sporturilor asociază contracţiile izometrice cu cele izotonice, cele mai multe teste utilizează eforturi de tip dinamic, deoarece acestea produc importante solicitări volumetrice şi barometrice ale sistemului cardiovascular, proporţionale cu intensitatea efortului prestat.

Adaptarea cardiovasculară la un efort este proporţională cu masa musculară solicitată, care trebuie să fie mai mică de 50% din masa musculară totală, valoare de la care nu se mai produc modificări ale stresului cardiovascular prin adăugarea unor grupe musculare noi (Lewis at al., 1983).

Probele de efort cardiac evaluează rezerva coronariană, studiul asociind şi consumul de oxigen, ceea ce permite precizarea mecanismului limitant de origine cardiacă al efortului prestat.

Probele constau într-un efort standardizat şi se sistematizează în:

A. Probe neetalonabile: simple, uşor de executat, bine tolerate de majoritatea subiecţilor, greu reproductibile, nedozabile (efortul constă în genuflexiuni, mers, urcarea şi coborârea unei scări etc.). Sunt utilizate exclusiv în monitorizarea individuală longitudinală a reactivităţii şi a modificărilor unui parametru cardiovascular când nu dispunem de aparatură specială (compararea evoluţiei unui individ în timp). Testele constând în efectuarea de genuflexiuni nu pot fi uneori aplicate în stări patologice ale genunchiului sau gleznei.

B. Probe etalonabile: complexe, reproductibile, efectuate cu aparatură complexă, care permite dozarea precisă a efortului. Sunt utilizate atât în monitorizarea individuală, cât şi în studiul comparativ al reactivităţii cardiovasculare între subiecţi (monitorizare intra- şi interindividuală).

A. Probe neetalonabile

a) Proba Ruffier (Fitness test) se bazează pe reacţia frecvenţei cardiace la un efort neetalonabil, constând în 30 de genuflexiuni executate în 45 secunde, la un ritm de 90 al metronomului. Se monitorizează frecvenţa cardiacă în repaus şi după efort, timp de 1 minut.

Tehnică

- După un repaus 5-6 minute în poziţia aşezat se măsoară frecvenţa cardiacă pe 15 s, se notează cu p_1 (se înmulţeşte cu 4 şi se obţine pulsul de repaus pe 1 minut);
- Apoi subiectul execută 30 genuflexiuni complete în 45 de secunde, membrele superioare întinse înainte, picioarele în sprijin pe toată planta;
- În primul minut după efort se măsoară frecvenţa cardiacă astfel:

– în primele 15 secunde şi se noteză cu p_2 (se înmulţeşte cu 4 şi se obţine pulsul de efort);
– în ultimele 15 secunde şi se notează cu p_3 (se înmulţeşte cu 4 şi se obţine pulsul de refacere).

Se calculează *indicele Ruffier* după următoarea formulă:

$$\text{Indicele Ruffier} = [(p_1 + p_2 + p_3) - 200]/10$$

Indicele Ruffier se referă la un adult a cărui frecvenţă cardiacă de repaus este de cca 65 de bătăi/minut (cifra 200 reprezintă de 3 ori valoarea frecvenţei cardiace de repaus).

Testul este dificil de interpretat la subiecţi obosiţi, emotivi sau nervoşi.

Tabelul 15.7 – Interpretare indice Ruffier

Calificativ	Valori	Semnificaţie
Foarte bine	< 0	foarte bună adaptare la efort
Bine	0,1 - 5	adaptare bună la efort
Mediu	5,1 - 10	adaptare medie la efort
Satisfăcător	10,1 - 15	adaptare insuficientă la efort
Nesatisfăcător	15,1 - 20	adaptare slabă la efort

Când valorile corespund calificativului „nesatisfăcător" sunt necesare investigaţii suplimentare.

Proba Ruffier permite, pe baza celor 3 determinări ale pulsului, calculul *indicelui Ruffier – Dickson,* considerat mai fiabil decât indicele Ruffier, pentru că minimalizează reacţiile vegetative emoţionale, observate la subiecţii cu valori mari de repaus ale frecvenţei cardiace (p_1), responsabile de obţinerea unui indice (Ruffier) mai puţin favorabil.

$$\text{Indicele Ruffier – Dickson} = [(p_2 - 70) + 2(p_3 - p_1)]/10$$

Tabelul 15.8 – Interpretare indice Ruffier - Dickson

Calificativ	Valori
Bine	0 - 3
Mediu	3 - 6
Slab	6 - 8
Foarte slab	> 8

În cazul sportivilor, valorile pulsului obţinute prin cele 3 măsurători permit o analiză suplimentară.

Astfel, p_1 este mai mic şi reflectă o modificare adaptativă de efort, mai ales în sporturile cu predominanţă aerobă (atletism fond, schi fond, ciclism pe şosea etc); $p_2 = p_1 + ½p_1$ (depăşirea indică supraantrenament sau oboseală), iar valoarea lui p_3 trebuie să fie apropiată de p_1 (se acceptă ca normal $p_3 = p_1 + 10$; depăşirea indică o refacere insuficientă). La sportivi bine pregătiţi şi subiecţi parasimpaticotonici sau emotivi este posibil ca pulsul înainte de test (p_1) să fie mai mare decât pulsul obişnuit de repaus, de aceea $p_3 < p_1$.

Valorificare

- selecţia copiilor pentru sport (probă de triaj);
- probă screening pentru aprecierea condiţiei fizice la sportivi, efectuată săptămânal în cantonamente;
- aprecierea capacităţii de efort şi a evoluţiei acesteia la pacienţi aflaţi sub tratament kinetic;
- evidenţierea unor disfuncţii cardiovasculare nedecelabile în repaus.

b) Proba Martinet este asemănătoare probei Ruffier şi constă într-un efort redus: 20 de genuflexiuni executate în 30 de secunde, la un ritm de 60 al metronomului. La Institutul Naţional de Medicină Sportivă se aplică proba modificată (20 de genuflexiuni executate în 40 de secunde, o secundă la coborâre şi o secundă la ridicare din genuflexiune, la un ritm de 60 al metronomului), combinată cu proba clino-ortostatică.

Se apreciază:

- starea funcţională a aparatului cardiovascular în repaus (clinostatism);
- calitatea reglării vegetative a aparatului cardiovascular la scăderea debitului cardiac prin trecerea din clino în ortostatism (reacţia clino-ortostatică);
- reacţia la efortul standard, prin care se evidenţiază calitatea reglării aparatului cardiovascular la creşterea debitului cardiac;
- revenirea frecvenţei cardiace şi a tensiunii arteriale după efort, timp de 3-5 min.

Tehnică

• subiectul este poziţionat în decubit dorsal timp de 5 minute (după I. Drăgan) sau 10 minute (după I. Barbu), după care se determină de câteva ori succesiv, frecvenţa cardiacă (pe 10 secunde) şi tensiunea arterială, până când se instalează echilibrul funcţional, evidenţiat prin stabilizarea valorilor. Se obţin parametrii de repaus;

• subiectul adoptă lent poziţia ortostatică, pe care o menţine timp de 1 minut, interval suficient pentru reglarea şi stabilizarea funcţiei aparatului cardiovascular la noile condiţii hemodinamice. Se măsoară în primele 10 secunde frec-venţa cardiacă şi apoi tensiunea arterială;

• se efectuează efortul standard: 20 de genuflexiuni executate în 40 secunde, la un ritm de 60 al metronomului;

• imediat după încetarea efortului, subiectul reia poziţia clinostatică. Timp de 3-5 min., în primele şi ultimele 10 secunde ale fiecărui minut se măsoară frecvenţa cardiacă, iar între secundele 15-45 tensiunea arterială, pentru a se studia revenirea la valorile iniţiale.

Interpretare

Interpretarea vizează: reacţiile la proba clino-ortostatică, reacţiile la proba de efort şi revenirea.

Valori fiziologice de repaus

- frecvenţa cardiacă este 60-90 de bătăi/minut (sub 60 de bătăi/minut se consideră bradicardie, iar peste 90 de bătăi/minut, tahicardie);
- tensiunea arterială sistolică are valori de 135-100 mmHg (sub 100 mmHg se consideră hipotensiune, iar peste 145 mmHg, hipertensiune);
- tensiunea arterială diastolică ideală reprezintă ½ din valoarea tensiunii sistolice + 10 mmHg (+ 20 în cazul sportivilor).

Reacţii la proba clino-ortostatică

- fiziologice: frecvenţa cardiacă înregistrează o creştere cu până la 10-12 bătăi/minut; tensiunea arterială sistolică şi diastolică scad sau cresc cu 10-15 mmHg, fără ca tensiunea arterială diferenţială să scadă sub 30 mm Hg;
- nefavorabile: *reacţie hipotonă*, neeconomică (frecvenţa cardiacă creşte cu peste 10-12 bătăi/minut, tensiunea arterială sistolică scade, iar tensiunea arterială diferenţială se pensează) sau *reacţie hipodinamică*, la limită cu o stare patologică (frecvenţa cardiacă creşte cu10-12 bătăi/minut, tensiunea arterială diastolică scade, iar diferenţiala creşte). Reacţia hipodinamică se manifestă clinic prin: ameţeli, transpiraţii, lipotimii şi apare la pubertate, persoane cu labilitate neuro-vegetativă, afecţiuni cardiovasculare sau stări de convalescenţă (I. Barbu, 2002).

Reacţii la proba de efort şi în perioada de revenire

Răspunsul la efortul prestat se încadrează în limite fiziologice când:

- FC creşte cu 50-60% faţă de valoarea clinostatică iniţială;
- TA sistolică creşte cu până la 35mm Hg;
- TA diastolică scade cu 10-20 mm Hg;
- TA diferenţială creşte uşor.

Revenirea este fiziologică, dacă parametrii monitorizaţi reacţionează astfel: frecvenţa cardiacă revine la valorile de repaus în primele 2 minute, iar tensiunea arterială diferenţială creşte în minutele 3-5.

Se consideră acceptabile următoarele reacţii: tensiunea diastolică scade foarte mult, apare tonul infinit, dar dispare în primele 2 minute; tensiunea sistolică revine la valorile de repaus în 5 minute; tensiunea arterială şi frecvenţa cardiacă revin simultan la valorile de repaus; tensiunea arterială revine prima la valorile anterioare efortului.

Schellong a descris o serie de reacţii nefavorabile ale frecvenţei cardiace şi tensiunii arteriale, ca răspuns la proba de efort şi/sau în perioada de revenire:

- frecvenţa cardiacă creşte cu peste 100% faţă de repaus şi revine după 2-3 minute;
- tensiunea arterială sistolică creşte (reacţie hipertonă) sau scade (reacţie hipotonă) cu peste 35 mm Hg;

- tensiunea sistolică rămâne la valorile de repaus în primele 1-2 minute şi apoi creşte „în trepte";
- tensiunea arterială diastolică scade foarte mult, apare tonul infinit imediat după efort şi se menţine peste 2 minute;
- tensiunea arterială nu revine la valorile de repaus în primele 5 minute.

Interpretarea rezultatelor se realizează prin acordare de calificativ: stare foarte bună, bună (dar neeconomică), satisfăcătoare şi nesatisfăcătoare urmat de justificare, luându-se în calcul toate elementele probei.

Avantaje: efortul este uşor şi de aceea proba se recomandă preferenţial copiilor, persoanelor vârstnice sau cu o capacitate limitată de efort; se aplică şi sportivilor.

Dezavantaje: efortul nu este dozat precis, are intensitate mică, iar valorile sunt nereproductibile.

Valorificare: furnizează relaţii în legătură răspunsul cardiovascular la efort. În cazul sportivilor, proba se aplică săptămânal în perioadele de pregătire controlată. Pe baza dinamicii evoluţiei parametrilor apreciază: starea de sănătate, etapa de antrenament, tipul efortului. Dirijarea antrenamentului nu se poate realiza doar pe baza acestei probe.

c) Testul de mers constă în parcurgerea cât mai rapidă, cu paşi egali, a celei mai mari distanţe posibile într-un timp de 6 minute.

Se monitorizează:
- distanţa parcursă;
- frecvenţa cardiacă;
- saturaţia în oxigen.

Pentru interpretarea rezultatelor se utilizează formule, diferenţiate pe sexe (A. Taytard, 2005).

La bărbaţi, pentru determinarea distanţei parcurse se aplică următoarea formulă:

$$(7,57 \times I) - (5,02 \times V) - (1,76 \times G) - 309$$

unde:
I = înălţimea exprimată în cm;
V = vârsta exprimată în ani;
G = greutatea exprimată în kilograme.
Limita inferioară a normalului se obţine astfel:

Distanţa calculată – 153 m (sau 82% teoretic)

La femei formula de calcul este următoarea:

$$(2,11 \times I) - (5,78 \times V) - (2,29 \times G) - 667$$

unde:
I = înălţimea exprimată în cm;
V = vârsta exprimată în ani;
G = greutatea exprimată în kilograme.
Limita inferioară a normalului se obţine astfel:

Distanţa calculată – 139 m (sau 82% teoretic)

Frecvenţa cardiacă recomandată într-un exerciţiu de mers reprezintă 60-70% din frecvenţa cardiacă teoretică maximă, calculată pe baza formulei lui Åstrand. Pe baza frecvenţei cardiace se poate obţine şi consumul maxim de oxigen (vezi „capitolul 17").

Saturaţia în oxigen se măsoară prin oximetrie.

3. **Testul STT** (Sistolic tension time) – constă în urcarea şi coborârea unei scări cu o înălţime de 40 cm, timp de 3 minute (24 urcări/min). Se măsoară frecvenţa cardiacă şi tensiunea arterială sistolică în primul minut după încetarea efortului; produsul lor reprezintă STT.

Tabelul 15.9 – Interpretare rezultate test STT

Calificativ	Valoare
Foarte bine	< 16000
Bine	16000 - 20000
Mediu	20000 - 25000
Satisfăcător	> 26000

B. Probe etalonabile

Sunt efectuate în laborator, la covor rulant sau la bicicleta ergometrică. Efortul poate fi maximal sau submaximal (proba Åstrand). Explorarea funcţională este de obicei complexă, cardio-respiratorie şi vizează întregul sistem de transport şi utilizare a oxigenului în organism; toate aceste aspecte sunt prezentate în capitolul „ Măsurarea şi evaluarea capacităţii de efort".

15.2.2. Alte metode de evaluare

Electrocardiograma (EKG) este o metodă simplă care constă în înregistrarea variaţiilor de potenţial electric rezultat din depolarizarea şi repolarizarea celulelor cardiace în funcţie de timp. Aceste variaţii de potenţial sunt propagate prin ţesuturi la suprafaţa corpului, de unde sunt culese de electrozi cutanaţi (poziţionaţi la nivelul zonei precordiale), amplificate şi înscrise pe ecranul unui monitor sau pe o hîrtie specială, realizând o electrocardiografie.

EKG-ul poate evidenţia ritmul cardiac, frecvenţa cardiacă, diminuarea fluxului sangvin către muşchiul cardiac, fenomene de hipertrofie ventriculară etc.

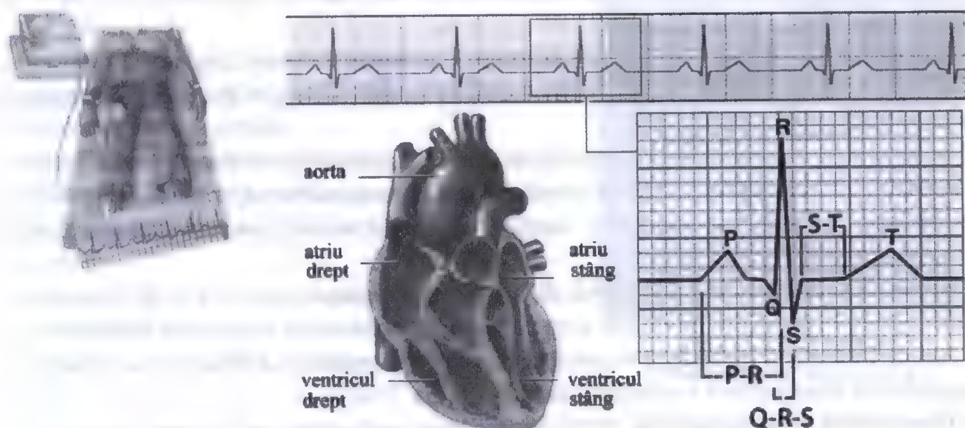


Fig. 15.1 – Examinare electrocardiografică – EKG

La sportivi, modificările adaptative evidenţiate la examenul EKG constau în: bradicardie sinusală, tulburări de conducere atrio- ventriculară cu blocuri de diverse grade (legate de hipervagotonie), hipertrofie cardiacă etc.

EKG-ul poate fi înregistrat şi în timpul unei probe de efort. La sportivii sănătoşi, modificările „patologice" înregistrate în repaus dispar.

Interpretarea unui EKG este de competenţa unui specialist, care poate face diagnosticul diferenţial al unor modificări cu substrat patologic la nesportivi, dar fiziologice la sportiv.

Metoda oximetrică este noninvazivă.

Prin aplicarea unui senzor pe vârful unui deget sau pe ureche se analizează variaţia de culoare a sângelui, prin monitorizarea oxigenării lui. Variaţia oxigenării este ciclică şi sincronă cu ritmul cardiac.



Fig. 15.2 – Oximetrie

Explorările paraclinice prezentate în continuare reprezintă explorări imagistice.

Radiografia toracică evidenţiază circumferinţa cordului şi permite evaluarea marilor vase, a mărimii şi formei cavităţilor cardiace.

Ecografia oferă imagini bidimensionale ale cordului şi marilor vase sangvine. Este un examen lipsit de riscuri. Prin explorare ecocardiografică se confirmă modificările constatate la EKG.

În cazul sportivilor se observă modificări morfologice constând în hipertrofie musculară (în sporturile de rezistenţă) şi dilataţie a cavităţilor (în sporturile de anduranţă).

Hipertrofia este simetrică, dar în anumite cazuri poate fi şi asimetrică.

Hipertrofia cardiacă la sportiv este reversibilă în 3-6 luni de la încetarea activităţii fizice sistematice.

Dilataţia este excentrică în sporturile de anduranţă şi concentrică în cele de rezistenţă.

Prin utilizarea tehnicilor bazate pe doppler se pot aprecia: anatomia structurilor intracavitare şi a marilor vase, starea valvelor, funcţiile ventriculare şi se pot măsura gradienţii de presiune între cavităţile inimii.

Ecografia permite deci evaluarea funcţională a cordului, oferind informaţii preţioase în legătură cu funcţia cardiacă, de aceea rămâne o metodă importantă în diagnosticul afecţiunilor cardiace: valvulare, ale pericardului, miocardului, endocardului, a bolilor congenitale etc.

Rezonanţa nucleară magnetică (RMN) permite vizualizarea 2D şi 3D a cordului, oferind imagini de înaltă fidelitate; este o metodă noninvazivă în plină dezvoltare.

Aduce informaţii de natură morfologică, permite explorarea dinamică a cordului şi angiografică noninvazivă a arborelui vascular.

Tomografia computerizată oferă posibilitatea explorării cardiace prin secţiuni tomografice (ca şi RMN-ul).

Cu un cateter prevăzut cu senzor de presiune se poate realiza o **explorare hemodinamică** invazivă; măsurarea ciclică a presiunilor permite calcularea frecvenţei cardiace.

Toate aceste metode necesită personal medical specializat sau ultraspecializat.

15.2.3. Înregistrarea parametrilor cardiovasculari

Parametrii cardiovasculari pot fi înregistraţi când corpul se află în stare statică (repaus) sau în stare dinamică (mers, alergare, activităţi curente etc.).

În probele de efort prezentate, măsurătorile parametrilor monitorizaţi s-au efectuat în mod discontinuu (în perioadele de repaus): preefort, în pauzele dintre reprizele de efort (intraefort) şi după încheierea efortului (postefort), pentru aprecierea revenirii parametrilor monitorizaţi la valorile anterioare efortului.

Ideal este ca monitorizarea să se efectueze efectiv în cursul efortului, când corpul este în mişcare (înregistrarea să fie continuă).

Perioadele de înregistrare continuă pot fi limitate nu numai la o probă de efort; pot viza un antrenament, o competiţie sau se pot prelungi 24, 48 de ore sau mai mult pentru a surprinde reactivitatea cardiovasculară în condiţii diverse, curente, individuale, realizând astfel o examinare „fiziologică".

La sportiv înregistrările continue, repetate „în situaţie" (competiţie sau antrenament specific) permit analiza retrosprectivă şi stabilirea unor corelaţii interesante cu aplicatibilitate practică în dirijarea antrenamentului, dar şi depistarea unor eventuale afecţiuni cardiovasculare, neexprimate clinic sau exprimate întâmplător, în cursul unui efort nespecific.

Înregistrările continue sunt posibile prin utilizarea unor metode speciale telemetrice care apelează la sisteme electronice: Holter, puls tester (sunt diverse modele mai mult sau mai puţin sofisticate).

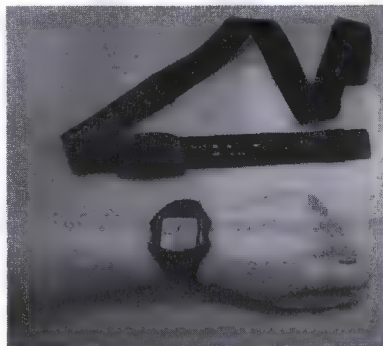


Fig. 15.3 – Sistem de monitorizare telemetrică

Sistemele de înregistrare telemetrică se pot cupla cu minicamere video, care permit conectarea precisă cu gestica sportivă.

Afişarea parametrilor monitorizaţi (EKG, tensiune arterială, frecvenţă cardiacă, număr de calorii consumate etc.) este instantanee, la intervalele programate.

Sistemele de memorare a datelor pot fi declanşate de subiect şi permit analiza lor ulterioară.

Se pot stabili şi valori maxime ale parametrilor monitorizaţi (repere de securitate) cu avertizare sonoră, care nu trebuie depăşite în cursul efortului.

Tehnicile de monitorizare evoluează permanent. Recent a fost comercializat un monitor electrocardiografic implantabil subcutanat, în zona precordială care permite supravegherea continuă a activităţii electrice a inimii cel puţin1 an. Traseele sunt memorate şi analizate prin programe speciale.



Capitolul 16

METODE DE EVALUARE A CONSUMULUI ENERGETIC

16.1. NECESARUL ENERGETIC PENTRU ORGANISMUL UMAN

16.2. CONSUMUL ENERGETIC. NOŢIUNI FUNDAMENTALE

16.3. VALORI ŞI ESTIMĂRI ALE CONSUMULUI ENERGETIC

16.4. METODE DE DETERMINARE A CONSUMULUI ENERGETIC

16.1. Necesarul energetic pentru organismul uman

Aportul energetic reprezintă potrivit OMS (1996) „cantitatea de energie necesară pentru compensarea pierderilor şi pentru asigurarea taliei şi a compoziţiei corporale compatibile cu menţinerea pe termen lung a stării de sănătate şi a unei activităţi fizice adaptate contextului economic şi social".

Toate marile funcţii ale organismului – respiraţia, circulaţia, creşterea, dezvoltarea, reproducerea, termoreglarea, contracţiile musculare etc. – necesită energie. Omul nu produce energie, dar pentru a supravieţui are nevoie de ea; singurele surse energetice sunt reprezentate de alimente şi de rezervele endogene. Acestea devin utilizabile când sunt degradate până la ATP, a cărui scindare eliberează energia chimică necesară menţinerii vieţii.

Cantitatea de energie conţinută într-un sistem este constantă. Ea nu poate fi nici creată, nici distrusă, în schimb poate fi convertită dintr-o formă în alta. Organismul converteşte energia chimică în energie mecanică, termică, osmotică, electrică etc.

Toate mişcările, fie că este vorba despre o contracţie cardiacă, de un simplu zâmbet sau de ridicarea unei haltere necesită energie provenită din alimente. Consumul energetic este deci continuu, dar variabil, ceea ce presupune o disponibilitate neîntreruptă de energie. Aceasta este asigurată prin aportul ritmic, fracţionat în 3-4 mese pe zi, care includ substanţele (macronutrimenţii) susceptibile de a furniza ATP-ul necesar vieţii.

Aportul energetic necesar pentru acoperirea consumului energetic total trebuie să fie repartizat echilibrat pe parcursul zilei: 20-25% la micul dejun, 25-30% la prânz, 15-20% într-o gustare şi 25-30% la cină.

Necesarul energetic variază cu vârsta, sexul, starea fiziologică, nivelul de activitate fizică, tipul de efort, durata şi intensitatea acestuia. Valorile lui sunt de cca 3000 kcal/zi la adolescent, 2400-2700 kcal/zi la adultul sedentar bărbat, 2000-2400 de kcal/zi la femei şi creşte la 3000-3500 kcal/zi în perioada de sarcină şi alăptare. În general, necesarul energetic este de 35 calorii/kg corp.

Repartizarea macronutrimenţilor în raţia alimentară este următoarea: 50-55% glucide (furnizează energie pe termen scurt şi mediu), 30-35% lipide (furnizează energie pe termen lung) şi 12-15% proteine (raportul dintre proteinele animale şi vegetale este mai mare sau egal cu 1). Necesarul energetic nu are valoare normativă, ci numai orientativă, deoarece există o mare variabilitate a acestuia, în funcţie de consumul energetic individual.

În cazul sportivilor de performanţă, necesarul energetic variază în funcţie de profilul sportului. Astfel, în sporturile cu profil de rezistenţă aerobă, raţia calorică/zi este de 4500-5000 kcal (14-16% proteine, 60-65% glucide şi 22-26% lipide), pentru cele cu profil rezistenţă-forţă de 5500-6000 kcal (15-17% proteine, 55-58% glucide, 26-28% lipide), iar pentru jocuri sportive, de 5000 kcal (16-17% proteine, 56-58% glucide şi 26-28% lipide).

Alimentaţia sportivă a fost regândită şi experimentată în cadrul INMS, prin aplicarea unor raţii care şi-au dovedit eficienţa în creşterea capacităţii de efort, fără a produce efecte negative la distanţă (Drăgan, I, 2002). Astfel, în primele 3 zile din săptămâna competiţiei de vârf, în efortul de anduranţă, mare consumator de glicogen, nu s-au compensat pierderile glucidice prin raţiile de refacere, în schimb în ultimele 3 zile s-au administrat raţii hiperglucidice, încât în ziua concursului sportivul avea rezervoarele energetice (muşchii şi ficatul) suprasaturate, iar rezultatele au fost net superioare.

„Raţia hiperproteică se aplică în eforturile de forţă (aruncători din atletism, halterofili etc.) şi constă în suplimentarea raţiei alimentare cu 1-1,5 g proteine/kg/24 ore, timp de 8 săptămâni, ajungându-se la 3,5-5 g proteine/kg/24 ore. Efectul constă în creşterea masei active cu 2-3 kg, cu creşterea concomitentă a forţei musculare (10-15%) şi scăderea masei grase cu 2-3 kg, deci creşterea masei active se face în detrimentul masei grase, fără a influenţa greutatea corporală" (Drăgan, I, 2002).

În absenţa unor variaţii ale greutăţii corporale sau ale compoziţiei corporale, aportul energetic este egal cu consumul. Acest echilibru energetic nu este totdeauna realizabil, pentru că aportul alimentar nu poate acoperi exact necesarul. Uneori aportul este excesiv şi organismul îşi creează rezerve de grăsimi, alteori aportul este scăzut, iar necesarul energetic nu poate fi acoperit decât prin utilizarea rezervelor.

Energia chimică provenită din alimente poate fi convertită şi în energie electrică. Electromiograma, de exemplu, înregistrează activitatea electrică a muşchiului scheletic, iar electrocardiograma pe cea a muşchiului cardiac. Practic, omul nu produce, nici nu consumă energie, ci o transformă dintr-o formă în alta.

16.2. Consumul energetic. Noţiuni fundamentale

Ansamblul proceselor prin care organismul utilizează energia furnizată zilnic de alimente reprezintă consumul energetic.

Principalii consumatori energetici sunt:

A. metabolismul bazal (MB);

B. activităţile fizice;

C. digestia alimentelor (termogeneza alimentelor).

Contribuţia acestora la consumul energetic total zilnic este variabilă. Astfel, 60-75% reprezintă consumul energetic de repaus, 15-30% este consecinţa activităţii fizice şi numai 10% a termogenezei alimentelor.

La consumul total energetic se adaugă şi situaţii pe care Ritz & Couet (2005) le grupează în „neprevăzute":

- creşterea;
- formarea unor structuri celulare noi (în sarcină) ş.a.;
- cicatrizarea ţesuturilor în caz de arsuri întinse (creşte mult consumul energetic), plăgi etc;
- reacţii de apărare împotriva infecţiilor sau diverse reacţii inflamatorii.

De toate aceste aspecte trebuie să se ţină cont la stabilirea raţiei alimentare.

A. Metabolismul bazal constă în furnizarea energiei utilizate de organism în timpul unei zile, în stare de repaus, pentru:
- menţinerea funcţiilor vitale şi automatice ale organismului: contracţiile cardiace, mişcările cutiei toracice şi ale tubului digestiv, tonusul muscular (energia chimică se transformă în energie mecanică), activitatea sistemului nervos etc.;
- menţinerea temperaturii corpului la o valoare constantă de 37°C, indiferent de variaţiile temperaturii ambientale (procesele de termoreglare).

Consumul energetic de repaus trebuie măsurat dimineaţa (la 8-12 ore după ingestia ultimei mese şi încetarea oricărei activităţi fizice), în condiţii standardizate: pe nemâncate, în repaus, la o temperatură neutră de 20-22°C (26°, dacă subiectul este dezbrăcat şi 22° dacă este îmbrăcat lejer).

Metabolismul bazal nu trebuie confundat cu metabolismul de repaus din timpul somnului, care reprezintă metabolismul minimal cu un necesar energetic mai mic cu 5% decât în condiţii bazale.

Metabolismul bazal este de referinţă în estimarea consumului energetic total. Cercetătorii propun ca termenul de metabolism bazal să fie înlocuit cu cel de nivel metabolic de repaus.

Factorii care influenţează consumul energetic de repaus

Consumul energetic de repaus este influenţat de o serie de factori. Unul dintre cei mai importanţi este compoziţia corporală, care variază la rândul ei în funcţie de vârstă, sex, sarcină şi alăptare. Alături de compoziţia corporală intervin suprafaţa corporală, temperatura mediului, ingestia de alimente, factorii genetici etc.

a) Compoziţia corporală. Metabolismul oxidativ se desfăşoară la nivelul masei non-grase (masa activă), care asigură schimburile gazoase, respectiv consumul de oxigen şi producerea de bioxid de carbon.

Masa activă este divizată în două compartimente (tabelul 16.1):
- masa viscerală (ficat, rinichi, cord, sistem nervos etc.), responsabilă de 60-70% din consumul energetic în stare de repaus;
- masa musculară scheletică, responsabilă de 16% din consumul energetic bazal.

Cu toate că masa viscerală reprezintă doar 5-6% din greutatea corporală, consumul ei energetic este de 15-40 ori mai mare decât greutatea echivalentă a unui muşchi în repaus.

b) Vârsta. Copiii şi adolescenţii au un metabolism bazal superior adulţilor, deoarece creşterea fiziologică este o perioadă de constituire a unor structuri, de sinteze proteice şi de dezvoltare.

La adult, activitatea metabolică de bază scade după vârsta de 20 ani cu 2% pe decadă, datorită modificării compoziţiei corporale, ca urmare a scăderii masei musculare.

c) Dimorfismul sexual. Compoziţia corporală este diferită la bărbaţi comparativ cu femeile, în consecinţă şi consumul energetic bazal este diferit. Procentul mai mare de ţesut adipos la femei scade acest consum cu cca 10%, comparativ cu bărbaţii.

d) Sarcina şi alăptarea.În perioada de sarcină creşte metabolismul bazal prin

modificarea compoziţiei corporale: creşte masa grasă, volumul unor organe şi se formează organe noi (placenta).

Tabelul 16.1 – Consumul energetic bazal repartizat (în%) pe diferite organe şi ţesuturi (E. Jequier)

Organ/ţesut	Femei (30 ani)	Bărbaţi (30 ani)	Copii (6 luni)
Ficat	21	21	14
Creier	21	20	44
Rinichi	9	8	6
Inimă	8	9	4
Muşchi	16	22	6
Ţesut adipos	6	4	2
Diverse (piele, intestin, os)	19	16	24
Total	100%	100%	100%

Alăptarea solicită un consum energetic suplimentar (cu cca 20% mai mare) datorită secreţiei lactate şi excesului de ţesut adipos. Necesarul energetic suplimentar pentru alăptare este de aprox. 600 kcal/zi, rezultă că alăptarea favorizează scăderea ponderală după naştere.

e) Suprafaţa corporală. Pierderile de căldură prin piele sunt ridicate, ceea ce creşte metabolismul bazal. Menţinerea temperaturii corporale constante necesită o cantitate de energie mai mare (valoarea metabolismului bazal este proporţională cu suprafaţa corporală). Din această cauză metabolismul bazal este deseori exprimat prin raportare la suprafaţa corporală. Suprafaţa corporală prezintă variaţii individuale; se calculează pe baza înălţimii şi greutăţii corporale.

f) Temperatura mediului. În cazul unor variaţii ale temperaturii ambientale sau a mediului atmosferic în funcţie climă sau sezon, peste sau sub zona de neutralitate termică (20-22°C), menţinerea temperaturii corpului la valori constante (37°C) determină creşterea consumului energetic bazal. Suplimentul energetic este necesar deoarece susţine contracţiile musculare în caz de termogeneză (temperatura ambientală sub zona de neutralitate termică) sau evaporarea apei din transpiraţie în caz de termoliză (temperatura ambientală peste zona de neutralitate termică).

În timpul expunerii la frig, metabolismul bazal poate creşte de 4 ori (tabelul 16.2).

Tabelul 16.2 – Variaţiile consumului energetic în funcţie de temperatura aerului

Temperatura aerului (grade)	Consum energetic (Kj/h)
0	12,6
10	6
18	3,6
30	7

g) Ingestia de alimente. Procesul de asimilaţie a alimentelor determină creşterea termogenezei şi prin aceasta produce un cost energetic suplimentar. Consumul energetic suplimentar variază în funcţie de macronutrimentul ingerat (glucide, lipide sau proteine). Astfel, ingestia glucidelor creşte consumul energetic de bază cu 5-9%, a lipidelor cu 3-4% şi a proteinelor cu 15-20%; o dietă echilibrată produce o creştere cu 6-10% .

h) Factorii genetici. În funcţie de patrimoniul genetic, consumul energetic de bază are variaţii între limite procentuale de 8-10%.

i) Factori hormonali. Tiroxina, secretată de glanda tiroidă, şi adrenalina, secretată de medulosuprarenală, cresc metabolismul bazal.

Hipotiroidia scade metabolismul bazal; la persoanele tiroidectomizate scăderea este cu 30%.

Metabolismul bazal creşte în timpul puseului pubertar de creştere.

j) Stresul creşte activitatea sistemului nervos vegetativ simpatic, ceea ce stimulează metabolismul bazal.

B. Activităţile fizice influenţează în mod variabil (15-30%) consumul total energetic, în funcţie de natura, durata şi intensitatea efortului.

Trebuie subliniat că prin activitate fizică înţelegem toate mişcările corpului legate de contracţia muşchilor scheletici, care cresc consumul energetic peste cel de repaus. Se disting activităţi fizice profesionale, ale vieţii cotidiene, de loisir, la care se adaugă activităţi sportive. Practicarea sistematică a activităţilor sportive creşte metabolismul bazal.

Consumul energetic este proporţional cu masa musculară solicitată în efort. În medie, 20-25% din energie este utilizată pentru contracţii musculare (energie mecanică) şi 75-80% se transformă în energie termică. La sedentari, efectul termic al „efortului" este de 20%. Sedentarismul nu este sinonim cu starea de inactivitate, subiectul practică activităţi al căror consum energetic este foarte mic, spre nul (operarea PC, vizionarea unui program TV, lectura etc). OMS consideră inactivitate fizică situaţia în care subiecţii realizează mai puţin de 30 minute de activitate fizică moderată pe zi, chiar fracţionat.

C. Termogeneza alimentelor corespunde cantităţii de energie necesară pentru digestia alimentelor ingerate, absorbţia, transportul şi stocarea nutrimenţilor. Poate fi stimulată de stres sau de substanţe ca nicotina sau cafeina, care cresc consumul energetic. Aceasta explică de ce oprirea fumatului se însoţeşte de creştere ponderală.

16.3. Valori şi estimări ale consumului energetic

Din cele prezentete anterior privind consumul energetic s-a desprins ideea că acesta este de două tipuri: consum energetic bazal şi consum energetic pentru diverse activităţi fizice.

Valoarea energetică a alimentelor, dar şi cea pe care o consumă organismul nostru, se măsoară în unităţi de energie calorică: kilocalorii (kcal), calorii (cal) sau kilojouli (kj) sau în unităţi de putere: watti (w) sau kgm. Raportarea se realizează în funcţie de timp:

oră, minut sau secundă (/h, min sau s) sau de suprafaţa corporală (/m^2) şi timp. Unitatea internaţională de măsură a energiei este kj.

1 kcal = 1000 cal = 4,1855 kjouli = 426,8 kgm; 1 kj = 1000 j = 0,23892 kcal

Consumul energetic bazal

Organismul utilizează energia cu o anumită viteză, numită debit metabolic. Estimarea consumului energetic de repaus (dar şi în timpul unui exerciţiu) se bazează pe măsurarea consumului de oxigen şi a echivalentului său caloric (termic).

În condiţii bazale, consumul de oxigen este de 0,3 litri O_2/min, ceea ce echivalează cu 18 litri/h sau cu 432 litri/zi.

Consumul mediu de repaus, exprimat în kcal/zi, se calculează astfel: litri oxigen consumaţi/zi x kcal utilizate/l de oxigen, numit şi coeficient termic al oxigenului are o valoare de 4,83 pentru o alimentaţie mixtă.

432 x 4,83 = 1794,56 kcal/zi

Această valoare nu include şi consumul energetic legat de activităţile fizice.

Literatura de specialitate ne prezintă date potrivit cărora valorile metabolismului de repaus variază între 1200 şi 2400 kcal/zi (25 kcal/kg corp/zi).

Variabilitatea mare a acestui parametru impune aplicarea unor formule predictive diferenţiat, pe sexe, în funcţie de măsurători antropometrice (înălţime, greutate) şi de vârstă.

Ravulssin a constatat că estimarea consumului energetic este mult mai precisă dacă se realizează pe baza masei slabe şi nu a greutăţii corporale. Formulele stabilite până acum confirmă justeţea observaţiei numai pentru consumul energetic de repaus, nu şi pentru cel total.

Cu toate acestea, consumul energetic de repaus se calculează tot pe baza greutăţii.

• ***Ecuaţia lui Harris & Benedict*** (1919)

Bărbaţi:

$$MB = 66,473 + (500,33 \times I) + (13,752 \times G) - (6,755 \times V)$$

Femei:

$$MB = 655,096 + (184,96 \times I) + (9,563 \times G) - (4,676 \times V)$$

unde:

I = înălţimea, exprimată în m;

G = greutatea, exprimată în kg;

V = vârsta, exprimată în ani.

Această ecuaţie permite predicţia la subiecţi normoponderali. La subponderali, formula subestimează consumul energetic de bază.

• ***Ecuaţia lui Harris & Benedict, recalculată de Roza & Shizgal*** (1994)
Bărbaţi:

$$MB = 77,607 + (492,3 \times I) + (13,707 \times G) - (6,673 \times V)$$

Femei:

$$MB = 667,051 + (172,9 \times I) + (9,740 \times G) - (4,737 \times V),$$

unde
I = înălţimea, exprimată în m;
G = greutatea, exprimată în kg;
V = vârsta, exprimată în ani.

• ***Ecuaţia lui Black et al.*** (1996)
Bărbaţi:

$$MB = \frac{[1,083 \times G^{0,48} \times I^{0,50} \times V^{-0,13}] \times 1000}{4,1855}$$

Femei:

$$MB = \frac{[0,963 \times G^{0,48} \times I^{0,50} \times V^{-0,13}] \times 1000}{4,1855}$$

unde:
I = înălţimea, exprimată în m;
G = greutatea, exprimată în kg;
V = vârsta, exprimată în ani.

Formula lui Black et al. este în acest moment formula de referinţă, mai ales pentru persoanele supraponderale şi cele cu vârstă de peste 60 de ani.

Metabolismul bazal poate fi calculat şi în funcţie de suprafaţa corporală (valoarea ei medie este de cca 1,72 m^2), după următoarea formulă:

MB = 24 x (cu o valoare între 35-40) x suprafaţa corporală

Suprafaţa corporală este proporţională cu înălţimea şi greutatea şi se calculează după formula lui Dubois & Dubois (1970) (vezi şi alte formule de calcul la cap.3):

$$SC = I^{0,725} \times G^{0,425} \times 0,20247$$

în care:
I = înălţimea, exprimată în m;
G = greutatea, exprimată în kg.

Tabelul 16.3 – Estimarea consumului energetic bazal (Lecerf, 2002)

Vârstă (ani)	Consum energetic bazal (kcal/zi)	
	Femei	Bărbaţi
3- 10	22,5 x G + 499	22,7 x G + 495
10 - 18	12,5 x G +746	17,5 x G + 651
18 - 30	14,7 x G + 496	15,73x G + 679
30 - 60	8,7 x G +829	11,6 x G + 879
> 60	10,5 x G + 596	13,5 x G + 487

Consumul energetic total

Consumul energetic mediu al unui individ care include şi activităţile cotidiene, sociale şi profesionale este de 1800-3000 kcal/zi.

Estimarea consumului energetic total se realizează prin multiplicarea consumului energetic de repaus (MB) cu un coeficient care reflectă nivelul activităţii fizice. Acest coeficient (abreviat PAL în literatura engleză şi NAP în cea franceză) a putut fi determinat pentru numeroase activităţi ale vieţii cotidiene, sociale, profesionale, de loisir sau sportive (tabelul 16.4).

Tabelul 16.4 – Coeficient de multiplicare a metabolismului bazal/tip activitate/sex

Tip de activitate fizică	Femei	Bărbaţi
Uşoară	x 1,56	x 1,55
Medie	x 1,64	x 1,78
Intensă	-	x 2,10
Foarte intensă	-	x 3,5 - 5

Tabelul 16.5 – Consumul energetic/tip de activitate fizică, exprimat în kcal/h

Tip de activitate fizică	Consum energetic (kcal/h)
Uşoară	50 - 100
Medie	100 - 300
Intensă	300 - 450
Foarte intensă	500 - 600

Calculul consumului energetic pentru un efort sportiv se realizează în funcţie de masa musculară solicitată, de durata şi intensitatea activităţii fizice. Consumul energetic creşte cvasiliniar cu durata efortului.

Eforturile musculare intense şi prelungite pot induce costuri energetice importante, care depăşesc 5000 de kcal/zi, fiind citate chiar 6500 kcal, la ciclişti în Turul Franţei

Tabelul 16.6 – Consum energetic în funcţie de activităţi (B.Jacotot & B.Campillo, 2003)

Tip activitate	kcal/m²/h
Repaus	
Somn	35
Treaz, menţine decubitul	40
Ortostatism	50
Activităţi uşoare	
Scris din poziţia aşezat	60
Scris din poziţia stând	85
Activităţi moderate	
Spălat	100
Mers (4-5 km/h)	140
Activităţi de menaj	140
Activităţi intense	
Ciclism	250
Înot	350
Schi	500
Alergare	600

Consum energetic în diverse tipuri de efort:

Atletism: 100 m ....35 kcal; 200 m.....70 kcal;400 m.....100 kcal; 800 m.....130 kcal; 1500 m.....170 kcal;3000 m.....230 kcal; 5000 m.....450 kcal;10000 m..... 750 kcal; 5 km marş.....250 kcal; 10 km marş.... 600 kcal; 50 km marş ..... 2300 kcal; maraton ...2500 kcal.

Box - 200 kcal/9 minute;

Canotaj - 10 kcal/min;

1meci de fotbal - 1500 kcal;

1 meci de baschet - 900 kcal;

1 meci volei - 10 kcal/min.

Consumul energetic al unei mişcări sportive se evaluează în biomecanică în termeni de putere.

Puterea este lucrul mecanic (W) efectuat în unitatea de timp. Lucrul mecanic reprezintă produsul dintre forţă (F) şi distanţă. O oră de lucru la un ergometru, la o putere de 150 w, consumă 500 kilocalorii, iar o oră de mers doar 60 kcal.

16.4. Metode de determinare a consumului energetic

Metodele de determinare a consumului energetic se clasifică în: metode noninvazive (directe şi indirecte) şi metode invazive, care presupun prelevarea de sânge, muşchi sau ţesut adipos (nu fac obiectul lucrării de faţă).

A. Metode noninvazive directe

1. Calorimetria directă reprezintă metoda de referinţă pentru măsurarea cantităţii de căldură produsă în timpul combustiei chimice a alimentelor. Alimentul este degradat într-o bombă calorimetrică.

Metoda se aplică astfel: subiectul este plasat în interiorul camerei calorimetrice („bombă calorimetrică") prevăzută cu pereţi dubli prin care circulă apă. În această incintă etanşă, în care se menţine o temperatură constantă, se insuflă aer. Subiectul produce căldură, care iradiază spre pereţi şi încălzeşte apa.

Se consideră că există o egalitate între producţia de căldură şi consumul energetic al individului.

Se măsoară temperatura aerului care intră şi iese din incintă. Diferenţele de temperatură, reprezintă activitatea metabolică, respectiv cantitatea de energie consumată de subiect. Practic se determină valoarea energetică prin căldura produsă (încălzirea apei), care este direct măsurată.

Din energia eliberată prin metabolismul glucidelor şi proteinelor, 40% este utilizată pentru producerea de ATP, iar restul de 60% se eliberează sub formă de căldură, măsurată prin calorimetrie directă. Se poate determina şi cantitatea de energie pe care o eliberează un aliment prin ardere în această incintă.

Echipamentul respectiv (al cărui preţ de cost este foarte mare) nu poate surprinde variaţiile rapide de energie), ceea ce a redus considerabil utilizarea metodei.

Incinta ermetică a fost înlocuită cu un combinezon calorimetric, care creşte durata tolerabilă a măsurătorilor.

B. Metode noninvazive indirecte

1. Calorimetria indirectă măsoară consumul de energie prin:

a) Termochimia alimentelor;

b) Termochimia respiratorie.

a) Termochimia alimentelor estimează cantitatea de energie utilizată de organism pornind de la raţia alimentară, numită şi raţie calorică. Pentru aceasta trebuie să cunoaştem: cantitatea şi compoziţia alimentelor ingerate, precum şi valoarea lor calorică.

Consultarea literaturii de specialitate ne-a oferit diferite valori calorice ale macronutrimenţilor, care au fost sistematizate (J. Mercier, 2006) în: teoretice, reale şi practice (tabelul 16.7).

Tabelul 16.7 – Valori calorice ale alimentelor

Substrat energetic	Valoare calorică teoretică		Valoare calorică reală		Valoare calorică practică	
	kcal/g	kj/g	kcal/g	kj/g	kcal/g	kj/g
Glucide	4,1	17,2	4,1	17,2	4	16,7
Lipide	9,3	38,9	9,3	38,9	9	37,7
Proteine	5,7	23,9	4,84	20,3	4	16,7

Raţia calorică a unui individ care consumă în 24 de ore alimente cu următoarea compoziţie: 250 g de glucide, 80 g de lipide şi 100 g de proteine, se calculează astfel:

250 g glucide x 4 = 1000 kcal
80 g lipide x 9 = 720 kcal
100 g proteine x 4 = 400 kcal
Total = 2120 kcal

b) Termochimia respiratorie măsoară consumul energetic pe baza coeficientului termic al oxigenului şi prin coeficientul respirator.

• ***Coeficientul termic al oxigenului*** (echivalent caloric sau energetic) reprezintă cantitatea de energie eliberată în timpul oxidării unui substrat (glucide, protide, lipide) prin consumul unui litru de oxigen.



Nutriment + $O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$ + Energie

Valoarea echivalentului caloric al oxigenului depinde de substratul utilizat (tabelul 16.8).

Tabelul 16.8 – Coeficient termic al O_2 în funcţie de substratul energetic utilizat

Substrat utilizat	Valoare fiziologică (kcal/g)	Coeficient termic O_2/l	
		kcal	kj
Glucide	4,02	5,05	20,94
Protide	5,20	4,46	19,48
Lipide	8,98	4,74	19,61
Alcool	7	4,86	20,29
Regim mixt		4,83	20,1

Energia eliberată prin arderea glucidelor este mai mare comparativ cu lipidele, pentru că glicoliza anaerobă permite eliberarea a 2 molecule de ATP fără consum de oxigen.

Pentru calcul se utilizează valoarea medie a consumului de oxigen (VO_2), deoarece regimul alimentar este mixt (rar dieta este exclusiv mononutriment).

$$\text{Consumul energetic (kcal)} = VO_2(\text{l/min}) \times \text{timpul (min)} \times 4{,}83$$

VO_2 = consumul de oxigen (l);
VCO_2 = cantitatea de bioxid de carbon degajată (l);
G = glucoză (g/min);
L = lipide (g/min).
4,83 kcal/l O_2 sau 20 kj/l O_2 = echivalentul caloric mediu al substratului energetic.

Dacă se cunoaşte consumul de oxigen într-un exerciţiu, se poate calcula consumul de energie pentru efortul respectiv aplicând formula de mai sus.

Astfel, dacă un atlet parcurge 10.000 m în 32 min., iar VO_2 este de 5 l/minut, consumul energetic (kcal) = 5 x 32 x 4,83 = 772,80 kcal = 3.200 kj

Producţia de căldură se calculează după formula:

$$Q = VO_2 \times 4{,}83$$

Q= cantitatea de căldură produsă;
VO_2 = consumul de oxigen în condiţii bazale;

• Pe baza ***coeficientului respirator*** (QR) calcularea cantităţii de căldură eliberată prin arderea substratului alimentar este mai precisă. Coeficientul respirator reprezintă raportul între cantitatea de CO_2 produs prin oxidarea totală a unui substrat energetic şi cantitatea de oxigen necesar oxidării complete.

$$QR = VCO_2/VO_2$$

Coeficientul respirator variază în funcţie de substratul energetic utilizat, de aceea măsurarea lui este utilă şi în alcătuirea unei diete.

Schematic, pentru glucide are valoarea 1,00, pentru lipide 0,7 şi pentru proteine 0,8 (tabelul 16.9).

Dacă se cunoaşte valoarea QR şi cantitatea unui substrat degradat, se pot determina cu ajutorul unor abace şi cantităţile celorlalţi macronutrimenţi utilizaţi ca substrat energetic (J. Mercier, 2006). Aplicând apoi formule specifice echivalenţilor calorici, se calculează energia produsă prin degradarea fiecărui substrat energetic.

Cu cât QR este mai aproape de 1, rezultă că subiectul utilizează glucide pentru a asigura necesarul de ATP.

Când QR este mai mic sau egal cu 0,7, lipidele reprezintă substratul energetic preferat.

Cu cât QR este mai mic, cu atât rezervele lipidice sunt mai mici,iar adipozitatea totală corporală este mai redusă.

Menţinerea unei greutăţi corporale stabile, presupune ca aportul şi consumul energetic să fie egale.

Tabelul 16.9 – Coeficienţi respiratori şi calorici ai alimentelor şi alcoolului

Substrat utilizat	Energie în calorimetru	VO_2	VCO_2	QR	Producţia de căldură	
	kcal/g	l/g	l/g		kj/g	kcal/g
Glucide	4,1	0,746	0,746	1,00	15,6	3,74
Lipide	9,45	2,019	1,427	0,707	39,6	9,46
Proteine	5,65	1,010	0,844	0,835	19,7	4,70
Alcool	7,1	1,460	0,973	0,667	29,6	7,08
Regim mixt				0,82		

Într-o raţie alimentară echilibrată se poate calcula coeficientul alimentar (QA).

Când coeficientul alimentar este egal cu cel respirator, greutatea corporală este stabilă.

Repartiţia macronutrimenţilor într-o raţie alimentară, care asigură cantitativ şi calitativ necesarul nutritiv al individului pe o perioadă de 24 ore, este următoarea: 55% glucide, 35% lipide şi 10% proteine. Coeficienţii respiratori sunt în ordine, 1,00 - 0,7 - 0,8.

Coeficientul alimentar total se calculează după formula:

$$QA = (55 \times 1) + (35 \times 0{,}7) + (10 \times 0{,}8)/100 = 0{,}875$$

Valoarea QA şi relaţia acestuia cu QR se răsfrânge asupra greutăţii corporale (E. Jequier, 2005):

- când QA = QR = 0,875, greutatea corporală este stabilă (aportul energetic este egal cu consumul energetic);
- când QA este mai mic decât QR rezultă că aportul lipidic depăşeşte posibilităţile de oxidare ale organismuli, iar greutatea corporală creşte.
- când QA este mai mare decât QR, rezultă că există un dezechilibru, în care consumul energetic depăşeşte aportul, iar greutatea corporală scade.

Măsurarea schimburilor gazoase respiratorii, respectiv consumul de oxigen şi producţia de bioxid de carbon, poate fi realizată într-o cameră calorimetrică, unde subiectul poate reproduce activităţile cotidiene cel puţin 24 de ore (inclusiv activităţi sportive).

Compoziţia aerului care ventilează spaţiul (camera calorimetrică) este analizată şi permite măsurarea exactă a consumului energetic total.

În cazul unor măsurători limitate în timp (teste de laborator) se poate utiliza o cagulă ventilată.

***Tabelul 16.10 – Echivalentul energetic al oxigenului pentru diverse valori ale coeficientului respirator** (Fox & Mathews, 1984)*

Coeficient respirator	Echivalent energetic O_2 (kcal/l)
0,707	4,686
0,71	4,690
0,72	4,702
0,73	4,714
0,74	4,727
0,75	4,739
0,76	4,751
0,77	4,764
0,78	4,776
0,79	4,788
0,80	4,801
0,81	4,813
0,82	4,825
0,83	4,838
0,84	4,850
0,85	4,862
0,86	4,875
0,87	4,887
0,88	4,899
0,89	4,911
0,90	4,924
0,91	4,936
0,92	4,948
0,93	4,961
0,94	4,973
0,95	4,985
0,96	4,998
0,97	5,010
0,98	5,022
0,99	5,035
1,00	5,047

Pentru determinarea consumului de O_2, gazele expirate se colectează în saci Douglas, atât în repaus, în timpul exerciţiului, cât şi postefort. De asemenea, se folosesc gazometre, care măsoară volumul şi compoziţia gazelor (O_2 şi CO_2). Printr-o serie de formule matematice se obţine în final cantitatea de energie consumată în funcţie de tipul exerciţiului fizic (aerob, anaerob). Consumul de oxigen în cursul unui exerciţiu fizic se mai poate exprima prin MET (abreviere de la englezescul Metaboic Equivalent Task),

care defineşte VO_2 prin unitatea de greutate în repaus şi are o valoare de 3,5 ml O_2 sau 5 kcal/l O_2.

Calorimetria indirectă este cea mai utilizată metodă de determinare a consumului energetic. Coeficientul de eroare este +/-5%, dacă se respectă condiţiile de recoltare a eşantioanelor de gaze.

2. Măsurarea cu apă marcată. Consumul de energie poate fi măsurat în condiţii normale de viaţă prin ingestie de apă dublu marcată.

Apa este îmbogăţită cu izotopi stabili (nonradioactivi) de deuteriu şi oxigen 18. Aceşti izotopi se distribuie în apa totală din organism. Perioada de studiu este cuprinsă între 5 şi 28 de zile. Se apreciază prin spectroscopie nivelul diluţiei izotopice din eşantioane de urină colectată în intervalul propus. Oxigenul este mai repede eliminat decât deuteriul; diferenţa dintre viteza de scădere a acestor izotopi permite calcularea producţiei de CO_2. Metoda este relativ simplă, dar are o serie de inconveniente: necesită marcatori, analiză spectroscopică, de aceea este utilizată doar în cazuri speciale, la persoane care îşi desfăşoară viaţa în condiţii obişnuite (sugari) sau extreme (sportivi şi expediţii ştiinţifice), în scop de cercetare.

3. Metode de înregistrare a frecvenţei cardiace. Prin plasarea unui pulstester, care înregistrează frecvenţa cardiacă se poate aprecia consumul energetic pentru activităţi fizice cu intensităţi crescătoare (există o relaţie liniară între frecvenţa cardiacă şi consumul energetic).

Efortul este măsurat cu ajutorul accelerometrelor, care convertesc intensitatea mişcărilor efectuate în consum energetic.

Capitolul 17

MĂSURAREA ŞI EVALUAREA CAPACITĂŢII DE EFORT

17.1. CAPACITATEA DE EFORT A ORGANISMULUI

17.2. CAPACITATEA AEROBĂ DE EFORT

17.3. CAPACITATEA ANAEROBĂ DE EFORT

17.1. Capacitatea de efort a organismului

17.1.1. Generalităţi

Capacitatea de efort reprezintă cantitatea maximă de lucru mecanic efectuată în unitatea de timp. Limitele ei sunt foarte largi şi depind de vârstă, sex, stare de sănătate, grad de antrenament etc. Cunoaşterea acestora are o importanţă deosebită atât în dirijarea antrenamentului sportiv, cât şi a programelor de recuperare prin exerciţii fizice.

În kinetoterapie, programele de exerciţii sunt de fapt antrenamente adaptate obiectivelor şi capacităţii de efort net inferioare în comparaţie cu sportivii, mai ales dacă ne aflăm în faţa unei persoane sedentare. Dacă în sport performanţa reprezintă perfecţiunea unei execuţii sau înregistrarea unui record de timp, distanţă etc., care par a sfida legile fizicii, în kinetoterapie de multe ori performanţa înseamnă dobândirea unei autonomii în activităţile curente.

Capacitatea de efort a organismului nu reprezintă o sumă a capacităţilor funcţionale ale tuturor organelor şi sistemelor corpului omenesc. A. Dragnea afirmă că ea este „limitată de acele organe care după ce ating capacitatea maximă funcţională, împiedică continuarea efortului, deşi alte organe şi sisteme mai permiteau acest lucru".

Efortul fizic nu poate fi disociat de solicitare, care reprezintă un efort fizic provocat prin care se produc modificări adaptative morfofuncţionale şi psihice în strânsă dependenţă cu natura solicitării ei (cu „tăria" ei).

D. Harre (1973) afirmă că sunt două tipuri de solicitări:

a) solicitare externă = parametrii externi ai solicitării, reprezentaţi de: volum, intensitate, densitate, durată, frecvenţă, duritate, pauză.

b) solicitare internă = modificările provocate de parametrii externi asupra mediului intern, respectiv modificări ale homeostaziei (fiziologice şi biochimice) şi ale stării psihice, în funcţie de intensitatea excitantului.

În paginile următoare ne vom opri asupra câtorva aspecte legate în special de capacitatea de efort la sportivi.

17.1.2. Surse energetice

Celula musculară este specializată în conversia energiei chimice în energie mecanică, proces care se desfăşoară la nivelul proteinelor contractile din sarcomere. Pentru aceasta trebuie să utilizeze energia stocată în moleculele de acid adenozintrifosforic (ATP) şi să dispună de mecanismele necesare resintezei lui.

ATP-ul reprezintă singura sursă directă de energie pentru contracţia musculară; este considerat „moneda energetică" a organismului, care susţine toate formele de activitate biologică, deşi cantitatea lui nu depăşeşte 100 g.

După cum se ştie, depozitele musculare de ATP sunt limitate şi permit efectuarea unor contracţii maximale pe o durată scurtă, de ordinul a 2-3 secunde. Ca urmare, este necesară refacerea rezervelor prin intervenţia unui lanţ de reacţii biochimice, a căror desfăşurare depinde nu numai de viteza cu care acestea se declanşează sau de concentraţia surselor energetice, ci şi de stările de activitate (activare sau inhibare) a diferitelor enzime care intervin în aceste procese.

Sursele energetice sunt reprezentate de fosfagene, glucide, lipide şi proteine. Aceste surse funcţionează în paralel, în grade diferite, ceea ce creează iluzia unei funcţionări în serie.

Se cunosc două căi metabolice (anaerobă şi aerobă) şi trei sisteme prin care diverse surse energetice asigură resinteza ATP, în funcţie de durata şi intesitatea efortului prestat. Cele trei sisteme sunt reprezentate de:

a) sistemul fosfagenelor (anaerob alactic);

b) sistemul glicolitic (glicoliza anaerobă sau sistemul acidului lactic);

c) sistemul oxidativ.

a) ***Sistemul fosfagenelor*** (ATP-CP). La începutul efortului, în primele secunde muşchiul epuizează rapid stocul limitat de ATP (2-8 mmoli/l).

Furnizarea energiei necesare resintezei ATP-ului utilizat este asigurată imediat de către fosfocreatină (PC), cea mai simplă şi mai rapidă rezervă energetică disponibilă în muşchi. Acest proces nu necesită prezenţa oxigenului (calea anaerobă) şi nu determină formarea de acid lactic (anaerobioză alactică). Viteza de resinteză a ATP pe seama fosfocreatinei şi energia pe unitatea de timp sunt foarte mari, dar cantitatea totală de energie pe care este capabilă să o producă degradarea PC este mică, de aceea efortul poate fi continuat cu intensitate maximală atâta timp cât cantitatea de ATP se menţine la un nivel relativ constant, respectiv cca 7-10 secunde. Este cazul sporturilor explozive: haltere, sărituri, aruncări,100 m plat, 50 m înot etc., susţinute pe această cale energetică. Acest sistem furnizează sub 1 mol de ATP (570-690 mmoli ATP). Durata de recuperare după o solicitare maximă este de 6-8 minute.

b) ***Sistemul glicolitic***. Continuarea activităţii musculare cu intensitate maximală necesită găsirea altor căi de obţinere a energiei pentru resineza ATP. Intervine *a doua sursă energetică*, respectiv *glicogenul*, forma de depozit a glucozei în muşchi (350 g) şi ficat (100 g). Pentru a răspunde necesarului energetic al organismului, glicogenul se scindează în glucoză (30000 unităţi de glucoză). Potrivit datelor de până acum, în condiţiile unui aport insuficient de oxigen (cale anaerobă) glucoza se degradează în acid piruvic, hidrogen şi energie. Acidul piruvic şi hidrogenul produc prin recombinare, acidul lactic (anaerobioză lactică), considerat un produs toxic, incriminat în instalarea stării de acidoză metabolică, manifestată prin oboseală musculară. Cercetări recente în domeniul fiziologiei infirmă cu argumente ştiinţifice datele de mai sus.

În primul rând, termenul de acid lactic trebuie să fie înlocuit cu cel de lactat, justificat prin faptul că, imediat după formare, acidul lactic se scindează în lactat şi un proton (H).

Numai protonul, partea acidă a acestui produs metabolic, dezechilibrează homeostazia; acumularea ionilor de hidrogen determină scăderea pH-ului (acidoză), iar peste o anumită limită produce blocarea sistemului energetic şi oprirea activităţii.

pH- ul variază între 7,1 în muşchi şi 7,4 în sângele arterial. Valorile extreme ale pH-ului sangvin sunt cuprinse între 6,9 şi 7,5, dar sunt tolerate de organism doar pentru scurte perioade.

S-a dovedit că muşchiul nu se confruntă cu un aport insuficient de oxigen, chiar dacă se acumulează lactat; muşchiul dispune totdeauna de mai mult oxigen decât necesarul maxim potenţial utilizabil; acumularea intracelulară de lactat (lactat muscular) este consecinţa diferenţei între activitatea maximă a enzimelor care reglează glicoliza (lacticodehidrogenaza-LDH), respectiv oxidarea lactatului (glutamat dehidrogenaza-GDH). Activitatea enzimatică maximă a LDH este de aproape 100 de ori mai mare decât a enzimelor oxidative. Astfel, lactatul nu trebuie asociat cu o stare de anaerobioză sau considerat un indicator al hipoxiei; el reprezintă un marker al solicitării glicolizei anaerobe, care poate să apară chiar în condiţii de aerobioză, şi tinde să se acumuleze cu atât mai mult, cu cât degradarea glicogenului este mai intensă.

O parte din lactat este oxidată la nivel muscular, contribuind la resinteza ATP, iar o altă parte este transportată extracelular, în lichidul interstiţial şi capilarele sangvine (lactat sangvin), de către proteine plasmatice, în funcţie de numărul şi nivelul lor de activare (Pilegaard et al., 1993).

Lactatul sangvin este captat de o serie de ţesuturi. O cantitate redusă se elimină prin rinichi şi piele. Cea mai mare parte rămasă (3/4) este oxidată la nivelul miocardului şi fibrelor lente din structura grupelor musculare în repaus sau mai puţin solicitate în efort, contribuind direct la producerea de energie; o altă parte (1/4) este utilizată la reconstituirea rezervelor de glicogen hepatic. În acest context, opiniile potrivit cărora lactatul este considerat un produs toxic, culpabil pentru explicarea oboselii musculare, trebuie reevaluate. „Lactatul nu este decât un metabolit intermediar, cu un mare potenţial energetic" (Cazorla, G. et al., 2001). Astfel, sportivii cu cele mai bune performanţe sunt cei care produc cel mai mult lactat), deci cei care furnizează muşchiului cea mai mare cantitate de energie pe cale glicolitică (s-au depistat valori ale lactatului sangvin de 25-30 mmoli/l).

S-a constatat că nu există o relaţie între acumularea de lactat şi oboseala musculară. „Niciun studiu nu a fost capabil să confirme eventualele efecte negative ale acidului lactic asupra funcţionării muşchilor" (Nielsen, 2003).

Apariţia crampelor musculare în cursul unui efort, explicată până acum prin acidoza metabolică „nu are nici o legătură cu acidul lactic" (Thibault & Peronnet, 2005). Crampele musculare apar şi în repaus, chiar în somn, iar la unii sportivi, care acuzau crampe musculare la efort, parametrii metabolici cercetaţi au fost în limite normale.

Viteza de resinteză a ATP-ului prin glicoliză este de 2,5 ori mai mare comparativ cu sistemele aerobe (fosforilare oxidativă), dar cu 50% mai lentă decât fosfagenele. Sistemul glicolitic resintetizează teoretic 3 moli de ATP (practic 1-1,2 moli) şi are avantajul că poate fi activat în câteva secunde (Spriet et al., 2000), permiţând organismului să se adapteze

prompt necesarului energetic pentru a continua timp de 30" un efort executat cu intensitate maximă sau timp de 3 minute un efort de intensitate medie.

Sistemul anaerob lactic este utilizat ca sursă energetică în sporturile „intermediare": hochei pe gheaţă, gimnastică, 200-1000 m alergări, 100-300 m înot. Durata de recuperare după o solicitare maximă este de 1-2 ore.

c) *Sistemul oxidativ* se activează când efortul fizic depăşeşte 2 minute. Intervenţia lui creşte cu durata efortului, a cărui continuare necesită alte surse energetice de resinteză a ATP-ului. Lanţul de reacţii al acestui ultim sistem celular de producere a energiei se desfăşoară în mitocondriile situate în fibrele musculare, care pot utiliza ca surse energetice glicogenul (4 calorii/g), lipidele (9 calorii/g) şi în final proteinele (4 calorii/g). Degradarea lor în prezenţa oxigenului permite continuarea efortului, o perioadă lungă; cantitatea totală de energie furnizată este mare; se resintetizează 38 sau 39 moli de ATP.

Reacţiile sistemului aerob se sistematizează în: glicoliza aerobă, ciclul Krebs şi sistemul de transport al electronilor.

Glicoliza aerobă şi ciclul Krebs furnizează 2-3 moli de ATP, iar sistemul transportorilor de electroni 36 moli de ATP.

Sursele energetice pentru catabolismul lipidic cuprind: trigliceride depozitate direct în celula musculară (în special în fibrele lent contractile), trigliceride circulante în complexe lipoproteice şi acizi graşi liberi circulanţi, mobilizaţi din trigliceridele stocate în ţesutul adipos.

Deşi câştigul energetic produs prin degradarea lipidelor este mare, consumul de oxigen necesar lipolizei este superior (3,96 l O_2/mol ATP) celui utilizat pentru degradarea aerobă a glucidelor (3,45 l O_2/mol ATP). Aceasta reprezintă un dezavantaj pentru sportul de performanţă. Astfel, sunt resintetizaţi în total 130 moli ATP, pentru care sunt necesari 23 moli de oxigen, echivalentul a 515,2 l O_2.

Încrucişarea (crossoverul) ciclurilor metabolice glucide/lipide este caracteristică eforturilor de intensitate submaximală cu un coeficient respirator de 0,80 ($QR = VCO_2/VO_2$; QR normal = 1).

Când exerciţiul se menţine cel puţin 30 minute, coeficientul respirator evidenţiază o utilizare energetică de 50% glucide şi 50% lipide (Tocitu, D., 1996).

Între 30 şi 80% din energia destinată efectuării unui efort fizic este furnizată de lipidele intra- şi extracelulare. Eficienţa mecanică a exerciţiilor aerobe este crescută, comparativ cu cele anaerobe (20-25% faţă de 15%).

În condiţii normale se degradează 2-3% din proteine, iar în eforturi prelungite procentul ajunge la 10% (Poortmans, 1992; Tocitu, D., 1996). Metabolismul proteic excesiv creşte necesităţile lichidiene ale organismului.

Când intensitatea efortului scade, muşchiul utilizează acizii graşi liberi ca sursă energetică majoritară, cu o discretă participare a glucozei plasmatice. În cazul creşterii intensităţii efortului, se intensifică utilizarea glicogenului muscular, care furnizează 2/3 din energia necesară, restul provenind din acizii graşi liberi şi din trigliceridele intramusculare. Muşchiul şi ficatul stochează echivalentul a 2000 kcal sub formă de glicogen.

Furnizarea energiei pe calea metabolismului aerob oferă avantajul prelungirii efortului pentru că, după epuizarea rezervelor energetice de glucide (efort cu o durată de peste 45 de minute), intră în acţiune rezervele energetice lipidice, care sunt practic inepuizabile.

Calea aerobă este utilizată de muşchi echipaţi în mare parte cu fibre I, solicitaţi în toate sporturile de anduranţă medie şi lungă (peste 2 minute de efort); reprezintă principala sursă energetică de resinteză a ATP-ului, de aceea trebuie dezvoltată atât la sportivi, cât şi la nesportivi. Durata de recuperare după o solicitare maximă este de 24-48 ore.

Intensitatea degradării ATP este superioară în anaerobioză, dar cantitatea totală de energie furnizată pe calea aerobă, care utilizează mai multe surse energetice, este net superioară comparativ cu cea anaerobă.

Tabelul 17.1 – Rezerve energetice la un subiect de 80 kg
(după J. P. Goussard)

Substrat	Cantitate (kg)	Energie disponibilă (kcal)
ATP	0,076	1,2
Glicogen hepatic	0,1	383
Glicogen muscular	0,4	1.531
Glucoză + lactat	0,02	76
Trigliceride	12	106.665
Trigliceride intramusculare	0,3	2.584
Acizi graşi liberi	0,0004	4
Acizi aminaţi	10	38.278

Degradarea aerobă a glucidelor furnizează cea mai mare cantitate de energie/unitate de nutriment. Astfel:

- degradarea glucidelor produce 38-39 moli de ATP în aerobioză şi doar 3 moli (1-1,2 reali) în anaerobioză;
- degradarea lipidelor este o importantă sursă energetică în aerobioză (130 moli ATP) şi nulă în anaerobioză;
- degradarea proteinelor este aproape nulă atât în calea anaerobă, cât şi în cea aerobă.

Metabolismul aerob este de 50 ori mai eficient pentru producţia de ATP, decât cele două sisteme anaerobe reunite (Mathews & Fox, 1976).

Din punctul de vedere al substratului energetic, G. Newmann şi I. Drăgan (1990) sistematizează efortul fizic în:

- anaerob: alactacid (1-10 s) şi lactacid (10-35 s);
- aerob, de anduranţă: scurtă (35-120 s), medie (2-10 min), lungă I (10-35 min), lungă II (35-90 min), lungă III (90-360 min) şi lungă IV (peste 360 min).

În literatura de specialitate, anduranţa defineşte două concepte diferite, dar la fel de importante în obţinerea performanţelor sportive sau fizice. Astfel, în literatura franceză întâlnim termenii de anduranţă musculară şi cardiovasculară, cărora le corespund în lucrările elaborate de anglo-saxoni termenii de anduranţă anaerobă, respectiv aerobă.

Anduranţa musculară se referă la numărul de contracţii cu încărcături submaximale (85-90%) sau maximale (peste 90%), capacitatea de a repeta numeroase contracţii (forţă în regim de rezistenţă, cum este cazul halterofililor) sau de a menţine o contracţie statică (la luptători ş.a.). Anduranţa este reprezentată de numărul de repetări pe care sportivul le poate realiza la un procentaj dat din forţa maximală posibilă.

Anduranţa cardiorespiratorie (numită şi cardiovasculară) reprezintă capacitatea organismului de a susţine eforturi continue sau intermitente şi este dependentă de capacitatea de transport a oxigenului necesar pentru acoperirea necesarului energetic al muşchiului în activitate.

Pe parcursul capitolului vom folosi, în funcţie de contextul ideatic, noţiunile de anduranţă şi rezistenţă, care vor evidenţia pe de-o parte aspectele implicate de activitatea musculară (şi vom vorbi de anduranţa musculară) sau pentru a denumi lucrul de forţă în regim de rezistenţă, şi noţiunea de rezistenţă, de regulă pentru a ne referi la activitatea cardio vasculară sau noţiunea de anduranţă cardiovasculară. Sensul se desprinde din context.

17.1.3. Metode, teste şi aparate pentru evaluarea capacităţii de efort

Dozarea şi gradarea efortului în cadrul unui program de antrenament (sportiv sau de recuperare medicală) pot fi realizate numai în condiţiile evaluării capacităţii de efort anaerob sau aerob. Evaluarea permite măsurarea nivelului momentan al capacităţii de efort şi estimarea reacţiei subiectului la efortul ce urmează a fi prestat. La nonsportivi sedentari sau cu diverse afecţiuni cu efect limitativ asupra capacităţii fizice se apreciază şi nivelul de risc la efort.

Cronometrarea reprezintă cea mai simplă metodă utilizată pentru determinarea adaptării la antrenament în probele sportive care se desfăşoară contracronometru, dar are dezavantajul că oferă prea puţine date despre modificările fiziologice survenite în timpul efortului.

Numeroase teste fiziologice îşi propun să evalueze obiectiv (la sportivi şi nesportivi), nivelul capacităţii de efort, care reprezintă un reper în programarea antrenamentelor sportive sau a şedinţelor de recuperare medicală prin exerciţii fizice.

Evaluarea capacităţii de efort aerob şi/sau anaerob se realizează în laborator sau pe teren prin:

A. Metode **directe**, care măsoară direct şi precis parametrul cercetat.

B. Metode **indirecte**, prin care parametrul cercetat poate fi estimat pe baza relaţiei dintre el şi alţi parametri direct măsurabili. Se adaugă explorări paraclinice (biochimice,

anatomopatologice, imagistice etc.), care evidenţiază efectele acute sau cronice ale antrenamentului/antrenamentelor asupra organismului (valori ale lactatului, raportul fibrelor musculare I/II, gradul de hipertrofie musculară etc.).

Metodele indirecte constau în:

• teste de efort;
• explorări paraclinice.

1. Testele de efort

Testele de efort se aplică în laborator sau pe teren. În timpul testării, subiectul trebuie să se mobilizeze atât din punct de vedere biologic, cât şi psihic.

a) Testele efectuate în laborator se caracterizează prin:

• obiectivitate: rezultatele obţinute sunt independente de evaluator;
• fidelitate: măsurători repetate, efectuate pe aceiaşi subiecţi, în condiţii identice, furnizează aceleaşi date (rezultatele sunt comparabile);
• fiabilitate: vizează gradul preciziei măsurătorilor, influenţat atât de performanţele instrumentului utilizat, cât şi de experienţa evaluatorului în interpretarea datelor;
• validitate: măsoară cu precizie parametrul cercetat;
• accesibilitate: se referă la utilizarea unor mijloace simple şi disponibile.

Testele de efort efectuate în laborator ridică problema alegerii ergometrului (ergon = lucru; metron = măsură). De obicei, se optează între bicicletă ergometrică şi covor rulant.

Bicicleta are inconvenientul că multe din variabilele fiziologice cercetate ating mai greu valorile maxime datorită instalării stării de oboseală locală la nivelul membrelor inferioare, cât şi faptului că masa musculară solicitată este mai redusă, comparativ cu efortul efectuat la covorul rulant.

În schimb, bicicleta ergometrică este mai accesibilă pacienţilor cu dificultăţi de locomoţie.

Avantajele testării pe covorul rulant sunt unanim recunoscute de cercetători şi clinicieni. Astfel, mersul pe covor este o activitate naturală, la care subiecţii testaţi se adaptează în mai puţin de 2 minute, iar solicitările ating cele mai mari valori fiziologice (se înregistrează cel mai mare consum de oxigen). Nivelul efortului este direct controlabil şi proporţional cu intensitatea şi modul de funcţionare al covorului rulant (panta, viteza reglată). În plus, gradul de eroare este cu 6-11% mai mic comparativ cu înregistrările la probele de efort executate pe bicicleta ergometrică.

Dezavantajele covorului rulant în comparaţie cu bicicleta ergonomică constau în faptul că măsurătorile şi prelevările sangvine se efectuează mai greu din cauza zgomotului sau a accesibilităţii.

Pentru sportivii de performanţă se recomandă ca proba de efort să se efectueze pe un ergometru adaptat specializării sportive, deoarece efortul trebuie să reproducă mişcările specifice din antrenamente sau din activităţile competiţionale.

Evaluarea capacităţii de efort a persoanelor nedeplasabile sau a celor care nu pot pedala (paraplegici sau amputaţi) se realizează cu ergometre pentru membrele

superioare. Inconvenientele sunt cunoscute: masa musculară solicitată este redusă, iar valorile parametrilor măsuraţi sunt mult mai mici, comparativ cu membrele inferioare (Sawka et al., 1980).



Fig. 17.3 – Covor rulant

b) Testele efectuate pe teren, numite în mod curent „teste de teren", sunt preferate de antrenori pentru că „pun sportivul în situaţie reală". Au avantajul că se pot administra simultan mai multor sportivi, dar valoarea lor este estimativă.

Testele de teren trebuie să îndeplinească o serie de condiţii:

a) să fie simple ca material şi protocol;

b) să măsoare exact ce şi-a propus evaluatorul, pentru ca rezultatele să fie valide;

c) să se utilizeze acelaşi mijloc de evaluare;

d) evaluările repetate să fie realizate de aceeaşi persoană;

e) circumstanţele legate de condiţiile tehnice, climaterice (vânt, temperatură etc.) şi de starea psiho-fizică a sportivului să fie identice, situaţie greu reproductibilă, chiar imposibilă, de aceea fidelitatea testelor este discutabilă.

Evaluarea obiectivă a sportivilor de performanţă este complexă (comparativ cu nesportivii) şi trebuie să reflecte fidel adaptarea la antrenament prin teste de efort şi examene paraclinice corelate cu ameliorarea performanţei.

Controlul intensităţii antrenamentelor se realizează pe baza frecvenţei cardiace, care reprezintă un procent din frecvenţa cardiacă maximă teoretică.vAceasta din urmă se poate calcula pe baza unor formule, în funcţie de vârstă, deoarece o activitate de intensitate moderată la un adult nesportiv, echivalează cu una destul de intensă la o persoană vârstnică (efortul nu poate fi comparat cu cel depus de un sportiv).

Formule de calculare a frecvenţei cardiace maxime teoretice în raport cu vârsta (ani), sexul sau capacitatea de efort

• *Formula lui Åstrand*:

FC max = 220 – vârsta

• *Formula lui Londeree & Moeschberger* (1982):

FC max = 206 – (0,711 x vârsta)

• *Formula lui Miller et al* (1993):

FC max = 217 – (0,85 x vârsta)

• *Formula identificată de cercetători americani* (2007), care reflectă cu acurateţe relaţia dintre vârstă şi Fc max:

Fc max = 206,9 – (0,67 x vârsta)

• *Formula identificată de cercetători englezi* (2007), utilizată pentru predicţia frecvenţei cardiace maxime atât în anduranţă, cât şi în antrenamentul anaerob al sportivilor, în funcţie de sexul acestora:

Bărbaţi: FC max = 202 – (0,55 x vârsta)
Femei: FC max = 216 – (1,09 x vârsta)

• *Formula lui Miller, Londeree & Moeschberger* reprezintă o combinaţie a formulelor identificate de aceştia. Se utilizează formula lui Miller:

FC max = 217 – (0,85 x vârsta)

Se aplică însă următoarele corecţii propuse de Londeree & Moeschberger:
- se scad 3 bătăi/min pentru sportivii de elită sub 30 ani;
- se adaugă 2 bătăi/min pentru sportivii de elită între 30 şi 50 ani;
- se adaugă 4 bătăi/min pentru sportivii de peste 50 ani;
- se utilizează FC max pentru antrenament de alergare;

– se scad 3 bătăi/min pentru antrenament la canotaj;
– se scad 5 bătăi/min pentru antrenamet la bicicleta ergometrică.

Formulele de calcul prezentate se aplică pentru sportivi; doar formula lui Åstrand este utilizată la nesportivi. Un antrenament (sportiv sau de recuperare medicală) se efectuează la un anumit procent din frecvenţa cardiacă teoretică maximă, care trebuie mai întâi verificat printr-un test de efort. Dacă frecvenţa cardiacă de lucru, obţinută prin calcul matematic, nu este tolerată, se va utiliza o frecvenţă mai mică.

Frecvenţa cardiacă de revenire după un efort se măsoară de obicei pe o durată de 10 secunde. Primele 10 secunde furnizează informaţii privind nivelul de efort şi al condiţiei fizice a subiectului. Tehnica de măsurare şi durata (de 10 sec) ridică o serie de probleme privind corectitudinea evaluării. Astfel:

– pulsul se măsoară de obicei la nivelul arterei radiale, ceea ce produce o subestimare a frecvenţei cardiace, comparativ cu determinarea la nivelul arterei carotide;
– pot surveni erori de numărare, deoarece frecvenţa cardiacă este de 2 - 3 bătăi/secundă;
– erorile (aparent nesemnificative) sunt multiplicate cu 6 (numărarea este pe 10 secunde, dar raportarea frecvenţei cardiace este pe 1 minut);
– în primele 10 - 20 secunde postefort, frecvenţa cardiacă începe să scadă, ca urmare frecvenţa cardiacă intraefort poate fi subestimată.

Frecvenţa cardiacă poate fi măsurată cu precizie, numai intrafort, prin tehnici moderne de radiotelemetrie, utilizate în laborator, dar preferate şi în testările „de teren", deoarece oferă libertate de mişcare subiectului investigat. În afara frecvenţei cardiace pot fi înregistrate automat, de la distanţă şi: tensiunea arterială, VO_2 max, EKG, distanţa parcursă, consumul de calorii etc. Calitatea înregistrărilor a impus telemetria în monitorizarea subiecţilor, atât în scop medical, cât şi în sportul de înalt nivel, pentru aprecierea performanţelor sportive sau aplicarea unor antrenamente personalizate.

Intensitatea efortului prestat poate fi apreciată şi subiectiv (de sportivi sau pacienţi) pe baza scalei Borg.

G. Borg a introdus această scală (numită de anglo-saxoni „rate of perceived exertion" – RPE) pentru prescripţia individuală a unui efort şi limitarea clinică a acestuia în funcţie de percepţia subietului privind ecoul efortului asupra muşchilor, articulaţiilor periferice, sistemelor cardiovascular, respirator şi nervos. Scala originală este eşalonată pe 21 de puncte de la 0 (repaus) până la 21(maxim), dar American College of Sports Medecine (ACSM) a adoptat scala cu 15 trepte, de la 6 la 20 (category scale) şi scala cu 10 trepte, utilizată mai ales de practicieni (category-ratio scale). Subiecţii supuşi unui efort fizic trebuie să noteze pe scala utilizată nivelul la care au perceput efortul prestat (tabele 17.2 şi 17.3).

Tabelul 17.2 – Scala Borg de evaluare progresivă a nivelului de efort perceput (autoevaluare în 15 trepte)

Eşalonarea scalei	Percepţia efortului	Procent din capacitatea maximă de efort
6	foarte, foarte uşor, abia perceptibil	20%
7		30%
8	foarte uşor	40%
9		50%
10	destul de uşor	55%
11		60%
12	uşor dificil	65%
13		70%
14	dificil	75%
15		80%
16		85%
17	foarte dificil	90%
18		95%
19	foarte, foarte dificil (aproape maxim)	100%
20	epuizant	

Tabelul 17.3 – Scala Borg de evaluare progresivă a nivelului de efort perceput (autoevaluare în 10 trepte)

Eşalonarea scalei	Percepţia efortului
1	foarte uşor
2	uşor
3	moderat
4	oarecum greu
5	greu
6	
7	foarte greu
8	
9	
10	foarte, foarte greu

În cazul persoanelor vârstnice, creşterea capacităţii aerobe de efort, prin eforturi continue şi prelungite, este posibilă dacă nivelul de percepţie al efortului se situează la

treptele 11-13. Valori mai mari de 13 nu permit menţinerea duratei optime de 20-30 min, fiind chiar periculoase. Dacă se lucrează pentru creşterea forţei, intensitatea percepută trebuie să corespundă treptelor 15-17.

Nivelul efortului perceput este înalt corelat cu frecvenţa cardiacă, dar şi cu alţi indicatori ai stresului fizic: nivelul acidului lactic şi al consumului maxim de oxigen.

Scala Borg poate fi utilizată şi pentru estimarea frecvenţei cardiace de la 60 la 200 bătăi/min (Costill, Maglischo & Richardson, 1994); o anumită valoare a scalei corespunde cu o anumită frecvenţă cardiacă. De exemplu, 13 (pe scala de valori cu 15 trepte) corespunde unei frecvenţe cardiace de 130 bătai/min.

Din păcate, cu toate avantajele pe care le oferă: precizie, rapiditate, uşurinţă, nivel ridicat de corelaţie, autoevaluarea pe baza scalei Borg este puţin utilizată.

2. Explorări paraclinice

a) Măsurarea lactatului reprezintă un mod de evaluare a dificultăţii unui exerciţiu, în raport cu limitele fiziologice ale sportivului; nu este un indicator al proceselor anaerobe de producere a energiei la nivelul muşchilor, aşa cum sugerează unele studii. Măsurarea acidului lactic poate reflecta concomitent producerea şi eliminarea unei cantităţi crescute de lactat, oferind puţine date referitoare la aspectele energetice. Nivelul lactatului trebuie interpretat cu prudenţă, datorită divergenţei de opinii. Deşi se acceptă unanim că acest parametru este corelat cu optimizarea performanţelor, nu există suficiente dovezi pentru înţelegerea actuală a antrenamentului şi a performanţei, susţin unii autori.

Lactatemia depistată la o anumită intensitate a efortului este influenţată de: mărimea masei musculare implicate în efort, calitatea muşchilor solicitaţi şi procentajul fibrelor I şi II conţinute, durata efortului, rezervele musculare de glicogen etc.

Măsurarea lactatului impune o serie de precauţii metodologice pentru validarea rezultatelor, de aceea este recomandată sportivilor de înaltă performanţă. Se utilizează eşantioane de sânge capilar (din pulpa degetelui sau lobul urechii) sau venos (puncţie venoasă, percepută ca traumatizantă), recoltat în primele 1-3 minute după efort. Determinarea lactatului se poate realiza printr-o metodă enzimatică standard precisă şi ieftină sau cu un analizor automat portativ, care măsoară lactatul pe teren, după antrenament. Rezultatele pot fi stocate şi utilizate în evaluarea longitudinală a sportivului.

Lactatul reprezintă o investigaţie valoroasă de obiectivizare a efortului efectiv şi a stării de antrenament, dar şi de apreciere a progresiei şi de predicţie a performanţei sportivului.

b) Biopsia musculară este o metodă indirectă (anatomopatologică), invazivă, utilizată în cercetare şi în orientarea sportivilor spre o anumită disciplină sau ramură sportivă, în funcţie de predominenţa tipurilor de fibre musculare (albe sau roşii).

Analiza microscopică şi biochimică a eşantionului ne ajută să înţelegem efectele unor antrenamente sistematice asupra muşchilor şi mecanismele prin care aceştia produc energie. Metoda măsoară fosfocreatina şi ATP-ul, precum şi activitatea unor enzime:

fosfofructokinaza (enzima-cheie a glicolizei anaerobe), alături de ATP-ază, fosforilază, miokinază etc.

Există tendinţa ca biopsia musculară să fie considerată o metodă directă prin care să poată fi validate metodele indirecte.

17.2. Capacitatea aerobă de efort

17.2.1. Generalităţi

Capacitatea aerobă reprezintă posibilitatea organismului de a desfăşura eforturi de diverse intensităţi cu ajutorul energiei produse pe cale aerobă, utilizând ca surse glicogenul, acizii graşi liberi şi proteinele, în procente impuse de intensitatea şi durata efortului (substratul energetic preferenţial este reprezentat de glucide şi lipide); lactatul produs este rapid metabolizat în ficat, muşchi şi inimă. Efortul se desfăşoară în condiţii de echilibru real sau aparent între cerinţele desfăşurării activităţii şi aportul de oxigen.

Capacitatea aerobă de efort mai poate fi definită ca „nivelul maxim al intensităţii efortului pentru care nu se produce acumulare de lactat "(C. Gindre,1997).

Zonele de antrenare a capacităţii aerobe de efort se împart din punct de vedere metabolic în: zona pragului aerob, zona pragului anaerob şi zona consumului maxim de oxigen (VO_2 max).

Unii cercetători subliniază că noţiunea de prag nu are fundamentare ştiinţifică, iar antrenamentul bazat pe acestea este aproximativ şi mai puţin eficient. Alternativa pragurilor stabilite prin măsurarea lactatului constă în aplicarea unor antrenamente specifice la intensităţi apropiate celor din competiţiile pentru care se pregăteşte sportivul.

Considerăm necesară menţinerea acestor praguri, ca repere pentru monitorizarea evoluţiei individuale a sportivilor şi evaluarea stării de antrenament.

Pragul aerob se situează la valori de 70% din VO_2 max. În această zonă de efort, nu se antrenează cu intensitate, pentru că producţia de lactat este scăzută (în jur de 2 mmoli lactat/l sânge) şi nu determină modificări adaptative.

Pragul anaerob, numit şi pragul lactic (anaerobic threshold), este un concept introdus de Wasserman et al. (1973) pentru a evidenţia începutul acumulării de lactat plasmatic (tabelul 17.6). Urhausen et al. (1993) îl definesc ca fiind corespunzător efortului efectuat cu cea mai mare intensitate, fără creşterea lactatului sangvin (MLSS - maximal lactate steady state). Farrel et al. (1979) l-au denumit OBLA, abreviere pentru „Onset of Blood Lactate Accumulation" şi corespunde unei lactatemii de 4-8 mmoli/l (pragul este diferit reperat de cercetători); reprezintă intensitatea efortului care permite predicţia performanţei în anduranţă aerobă. Pragul anaerob este sinonim cu pragul acidozei metabolice şi se situează la 80% din VO_2 max pentru persoane sedentare şi la 90% pentru sportivi antrenaţi şi este considerat limita aerobă a performanţei în anduranţă (aerobă).

Tabelul 17.4 – Procentele din VO_2 max (%) corespunzătoare unei lactatemii de 4mmoli/l, în funcţie de pregătirea fizică

Nivel de activitate fizică	Procente din VO_2 max (%)
Sedentar	50 - 55
Sprint	60 - 68
Toate specialităţile sportive, mai ales sporturi colective	70 - 80
Sporturi de anduranţă	85 - 92

Zaţiorski vorbeşte despre relaţia anduranţă – oboseală de tip intelectual, senzorial (ca rezultat al încordării îndelungate a analizatorilor) şi emoţional (competiţii importante, sarcini dificile care induc teamă). Şi Ozolin susţine acelaşi lucru şi vorbeşte de oboseală centrală (nervoasă).

Antrenamentul în anduranţă reprezintă 80% din durata totală de antrenament şi se desfăşoară la o frecvenţă cardiacă de 60 – 80% din frecvenţa cardiacă maximă şi 50 – 70 % din cea de rezervă.

17.2.2. Consumul maxim de oxigen

Oxigenul este, aşa cum am subliniat anterior, „enzima" necesară susţinerii eforturilor fizice prelungite (de anduranţă). Din punct de vedere metabolic, efortul se desfăşoară în condiţii de aerobioză. Copiii înregistrează un consum mai mare de oxigen, deoarece nu utilizează proprietăţile elastice ale muşchilor.

VO_2 max este debitul maxim de oxigen consumat în timpul unui efort sau cantitatea maximă de oxigen preluată de la nivelul plămânilor şi utilizată de muşchi în unitatea de timp. Noţiunea de VO_2 max a fost introdusă de Hill & Lupton (1923) şi reprezintă o variabilă importantă, deoarece fixează limita superioară a performanţei într-un efort de anduranţă.

Consumul maxim de oxigen se exprimă în valoare absolută şi relativă. VO_2 max absolut se măsoară în l/min sau ml/min şi evidenţiază posibilitatea maximă de utilizare a filierei aerobe pentru susţinerea unui efort fizic care nu mobilizează greutatea corporală sau minimalizează influenţa acesteia asupra intensităţii efortului (exemplu: un exerciţiu efectuat la bicicleta ergometrică). VO_2 max relativ se obţine prin raportarea valorii lui absolute la greutatea corporală sau la masa slabă. Raportarea la greutatea corporală oferă cele mai fidele rezultate, deoarece evidenţiază cantitatea maximă de oxigen disponibil pentru susţinerea energetică a unui efort fizic care mobilizează greutatea corporală, situaţie frecventă în viaţa cotidiană (mers, alergare etc.). În această situaţie, VO_2 max se măsoară în ml/min/kg.

Dacă valorile VO_2 maxim sunt exprimate în l/min şi este necesară conversia în ml/min/kg, se procedează astfel: se transfomă l în ml şi se raportează la greutatea

corporală. Exemplu: dacă valoarea VO_2 max = 4,5 l/min şi G = 64 kg, VO_2 max (ml/min/kg) = 70,4 (4500/64).

VO_2 max relativ obţinut prin raportare la masa slabă se exprimă în ml/min/masă slabă, evidenţiază capacitatea aerobă a masei musculare, dar se utilizează rar, datorită posibilităţilor limitate de măsurare a masei slabe.

Erikson, Berg & Taranger (1978), citaţi de Maglischo (1982), consideră că valoarea relativă a VO_2 max, exprimată în ml/min/kg, duce la o măsurare inexactă a capacităţii aerobe de efort şi propun să se folosească VO_2 max raportat la înălţime (ml/m/min), mai ales la înotători, care pierd din greutatea corporală în apă.

Consumul maxim de oxigen este dependent de integritatea a trei sisteme importante:

- respirator, care asigură şi transportă oxigenul din aerul atmosferic în sânge;
- cardiovascular, care pompează şi distribuie oxigenul din sânge către ţesuturi;
- muscular, care extrage oxigenul din sângele arterial pentru a-l utiliza în susţinerea unui efort fizic.

Consumul maxim de oxigen se poate calcula pe baza puterii maxime aerobe (PMA) măsurată în waţi (tabelul 17.5) sau a vitezei maxime aerobe (VMA), măsurată în km/h.

Puterea maximă aerobă (PMA) reprezintă intensitatea efortului sau puterea maximă dezvoltată, corespunzătoare consumului maxim de oxigen (VO_2 max). De exemplu, la o acumulare de 8 moli lactat/l, când se atinge VO_2 max, intensitatea maximă a efortului (PMA) poate fi menţinută cca 4 – 11min.

Viteza maximă aerobă (VMA) reprezintă viteza la care trebuie să se mobilizeze subiectul pentru a atinge PMA, utilizând VO_2 max.

Puterea maximă aerobă nu reprezintă punctul maxim la care poate fi dezvoltată, ci corespunde celei mai mari intensităţi a efortului la care se observă o acumulare din ce în ce mai mare de lactat, metabolit care indică participarea sistemului glicolitic anaerob pentru a susţine necesarul de ATP al muşchiului. Ca urmare, se consideră că termenul de PMA trebuie înlocuit cu cel de putere maximă tolerată, deoarece posibilitatea de menţinere prelungită a intensităţii maxime a efortului este limitată de capacitatea organismului de a elimina lactaţi. Deci limita unui efort aerob nu se situează la nivelul aportului de oxigen din aerul atmosferic la muşchi, ci la nivelul capacităţii de utilizare a oxigenului de către mitocondriile din celule musculare.

De exemplu, într-un sprint puterea dezvoltată este superioară PMA, dar efortul nu se mai situează în zona de aerobioză; puterea este în acest caz anaerobă alactică sau lactică. Dacă într-un efort efectuat la puterea maximă aerobă sau la viteza maximă aerobă consumul maxim de oxigen (VO_2 max) se menţine în platou, chiar dacă intensitatea efortului creşte, înseamnă că s-a atins nivelul posibilităţilor de adaptare la efortul prestat, deci s-a instalat o stare de echilibru (stare stabilă sau „steady state") între aportul şi consumul de oxigen.

Indicatorul PMA este considerat unul dintre cei mai fideli indicatori ai nivelului aerob şi unul dintre cei mai buni ai potenţialului de anduranţă.

Tabelul 17.5 – Clasificarea activităţilor fizice în funcţie de durată şi de puterea dezvoltată (P) în raport cu puterea maximă aerobă (PAM), după V. Billat (2003)

Tipuri de performanţă în funcţie de P raportat la PMA	Durata exerciţiului (secunde, minute, ore).Metabolismul şi substraturile utilizate	Categorii de activităţi fizice în funcţie de puterea dezvoltată
Putere explozivă P = 10 x PMA	sub 3 sec ATP durata de refacere (DR) = 3 min	haltere, sărituri în înălţime, aruncări, serviciul în tenis;
Putere anaerobă alactică P = 5 x PMA	8 – 10 sec ATP – CP DR = 7 min	sprinturi scurte (60 – 100 m alergări, 25 m nataţie şi sporturi de echipă), elemente de gimnastică (săritura la cal);
Putere anaerobă lactică P = 3 x PMA	12 – 30 sec ATP – CP + glucoză (glicoliză anaerobă) DR = 10 – 15 min	sprinturi lungi (200 m alergări, 50 m nataţie, contra-atacul în sporturi de echipă, pe teren mare), exerciţii din gimnastică prin greutatea propriului corp (la sol, bare paralele, paralele inegale etc.);
Capacitatea anaerobă lactică P = 2 x PMA	30 – 120 sec glucoză (glicoliză anaerobă + fosforilare oxidativă) DR = 20 – 40 min	sprinturi prelungite (400 m alergări, 100 m, nataţie), semifond scurt (800 m, 200 m nataţie), slalom uriaş şi coborârea din schi alpin;
Puterea maximă aerobă P = PMA	2 – 6 min glucoză (glicoliză anaerobă + fosforilare oxidativă) DR = 6 min – 6 ore	semifond scurt (1500 alergare, 400 m nataţie);
Capacitatea maximă aerobă P = 0,9 x PMA	6 – 20 min glucoză (glicoliză anaerobă + fosforilare oxidativă) DR = 2 ore (acidoză pentru 6 min de efort) până la 24 ore pentru resinteza glicogenului după 20 de minute de efort intens (exhaustiv)	semifond lung (3000 – 5000 m alergări, 800 m nataţie);
Capacitate aerobă II (la pragul lactic) P = 0,7 – 0,8 x PMA	20 – 60 min glucoză (glicoliză anaerobă + fosforilare oxidativă) DR = 24 – 48 ore pentru resinteza glicogenului	fond scurt (10000 alergare, 1500 m nataţie), 5km schi fond;
Capacitate aerobă I P = 0,5 – 0,7 x PMA	60 min – mai multe ore glucoză şi lipide (fosforilare oxidativă) DR = 24 ore după 60 min de exerciţii (pentru săruri minerale) şi 7 zile după probe cu durate de ordinul orelor (care au produs reacţii inflamatorii şi dureri musculare)	fond lung (semimaraton, maraton, 25 km nataţie), triatlon, schi fond.

Consumul maxim de oxigen, puterea maximă aerobă şi viteza maximă aerobă se notează convenţional cu 100%. Durata efortului efectuat la PMA sau VMA depinde de nivelul de antrenament: este de 4-6 minute la un subiect neantrenat şi de 7-10 minute la unul antrenat. Basset & Howley (2000) susţin că este imposibil ca un efort să depăşească 100% din VO_2 max pentru o perioadă mai mare de 10 minute. Costill et al. (1994) au raportat la înotători niveluri de intensitate a efortului în competiţii de ordinul a 150-200% din VO_2 max, dar pentru perioade scurte.

***Tabelul 17.6 – Corespondenţa teoretică dintre frecvenţa cardiacă, VO_2 maxim şi metabolismul solicitat** (după G. Cazorla)*

Diferenţa dintre FC max şi FC de repaus	FC	Raport FC/VO_2 max	Metabolismul solicitat	Substratul utilizat
%	bătăi/ minut	% din VO_2-max	Efort mixt anaerob lactacid şi alactacid VO_2 max – FC max	Glicogen + fosfagene (saturaţie lactică)
100% Fc max	196	100%	Efort mixt anaerob lactacid + aerob 100% – 85% din VO_2 max	Glicogen (acumulare de lactaţi) 100% – 85% din VO_2 max
80%	166	85%	Efort mixt aerob + anaerob lactacid 85% – 75% din VO_2 max	Glicogen + acizi graşi (apariţie lactică) 85% – 75% din VO_2 max
60%	137	75%	Efort aerob 75% - 45% din VO_2 max	Pragul aerob + glicogen 75% - 45% din VO_2 max
40%	107	45%		
20%	78	25		
100% FC de repaus	48	0		

Tabelul 17.7 – Corespondenţa teoretică dintre probe sportive, viteza maximă aerobă şi metabolismul solicitat

Proba distanţa în metri)	VMA (%)	Aerob	Aerob	Anaerob lactacid	Anaerob alactacid
		Acizi graşi (%)	glicogen (glucoză) (%)	glicoliză (%)	ATP+CP (%)
100	160-200			2	98
200	150-200			4	96
400	125-140		5	40	55
800	120-125		5-8	62-65	30
1000	105-115		15-20	60-65	25
1500	101-111		20-25	50-55	25
2000	98-102		30-35	45-50	20
3000	95-100	5	40-45	35-40	15
5000	86-95	15	50-60	15-25	10
10000	85-90	30-40	45-55	5-10	5
20000	78-85	48-58	35-45	5	2
42195	72-80	56-66	30-40	2	2

17.2.2.1. Factorii de variaţie ai consumului maxim de oxigen

VO_2 max prezintă variaţii fizologice individuale. Factorii care influenţează VO_2 max sunt:

1. *Factorii genetici.* Unii autori consideră că 25-50% dintre variaţiile VO_2 max sunt consecinţa intervenţiei factorilor genetici. V. Klisouras susţine că ereditatea este implicată în proporţie de 93%. Numai astfel pot fi explicate valorile crescute ale VO_2 max la subiecţi care nu au făcut niciodată antrenament de anduranţă.

VO_2 max depinde de o multitudine de caracteristici individuale anatomice şi funcţionale, dintre care amintim:

- dimensiunile traheei şi ale plămânilor;
- numărul alveolelor pulmonare apte să capteze oxigenul;
- capacitatea de difuziune a oxigenului din aerul inspirat prin peretele alveolar spre sânge;
- capacitatea de transport a oxigenului, în relaţie de proporţionalitate directă cu numărul de hematii, dezvoltarea şi densitatea capilarelor;
- tipul şi numărul fibrelor musculare;
- capacitatea de utilizare a oxigenului de către celulele musculare, dependentă de numărul şi de dimensiunile mitocondriilor etc.

Antrenabilitatea este genetic determinată. Ea reprezintă capacitatea individuală de reacţie şi adaptare la un program identic de antrenament. Acelaşi antrenament, efectuat

de 2 sportivi, induce efecte diferite: sportivul cu un metabolism mai eficient are un potenţial mai mare de dezvoltare a VO_2 max.

Zona de dezvoltare a VO_2 maxim este fixată genetic. Chiar dacă i se spune „maxim", valoarea lui poate creşte cu 30 -35%, în funcţie de antrenament, până la atingerea limitelor superioare. Când sportivul se apropie de propriile limite, progresia VO_2 maxim este foarte lentă (cca 1% după un an de antrenament).

În cadrul unei familii, răspunsul la acelaşi tip de antrenament este foarte apropiat pentru toţi membrii acesteia.

Åstrand, mare fiziolog sportiv din a doua jumătate a secolului XX, aprecia că „Cel mai bun mijloc pentru a deveni campion olimpic este să-ţi fi ales bine părinţii".

2. *Vârsta.* VO_2 max creşte cu vârsta, datorită modificărilor anatomice evolutive ale aparatului respirator. De exemplu, traheea şi bronhiile îşi măresc treptat diametrul; concomitent se produce şi creşterea volumelor şi a capacităţilor pulmonare.

VO_2 maxim potenţial creşte până la vârsta de 18-25 ani, apoi stagnează până la 30 de ani, după care regresează. Regresia pe decadă este în jur de 10-12% pentru persoane sedentare şi de cca 5% pentru sportivi. Declinul este legat de scăderea activităţii fizice.

Estimarea VO_2 max în funcţie de vârstă şi sex se face după următoarele formule:

VO_2 max = 55 – (0,39 x vârsta) în cazul bărbaţilor;
VO_2 max = 41 – (0,39 x vârsta) la femei.

Specialiştii consideră că la copil momentul optim pentru a lucra la VO_2 max se situează prepubertar. La bătrâni, menţinerea unui prag de independenţă în desfăşurarea activităţilor cotidiene necesită un VO_2 max de 15ml/min/kg corp.

3. *Greutatea corporală.* Excesul ponderal scade VO_2 max. Nici starea de subponderal nu este indicată, deoarece se însoţeşte de anemie; ca urmare, scade capacitatea de transport a oxigenului.

În cazul sportivilor, greutatea corporală trebuie stabilizată şi menţinută la un nivel optim individual, reprezentat de nivelul formei sportive.

Dacă, după un sezon, greutatea corporală creşte pe baza ţesutului adipos, în urma antrenamentelor specifice, VO_2 max absolut creşte cu 10-20%, iar VO_2 max relativ cu 20 – 40% (Maglischo, E. 1982).

4. *Dimorfismul sexual*. Indiferent de tipul activităţii fizice (sedentar sau sportiv), VO_2 max este mai mic la femei, comparativ cu bărbaţii: cu 20-25% la sedentare şi cu 10% la sportive. Explicaţia constă în diferenţele de compoziţie corporală: masă musculară mai redusă şi ţesut adipos într-un procentaj mai mare la femei. Se adaugă la sedentare, scăderea capacităţii de transport a oxigenului (cantitatea de hemoglobină este cu 25% mai mică), ceea ce avantajează capacitatea aerobă a bărbaţilor.

Wilmore & Costill (2007) prezintă valori de referinţă ale VO_2 în funcţie de vârstă, sex şi tip de activitate fizică (tabelul 17.8 şi tabelul 17.9).

5. *Dopajul*. Dopajul cu eritropoetină, hormon peptidic stimulează producerea de hematii la nivelul măduvei osoase, asigurând prin oxihemoglobină o cantitate mai mare de oxigen la nivelul muşchilor.

6. *Antrenamentele la altitudine medie*. Altitudinea medie (1500 – 2600 m) reprezintă zona optimă de ameliorare a performanţelor, mai ales în eforturile de anduranţă, după un stagiu minim de 20 – 25 zile. Altitudinea favorizează şi sprintul, pentru că rezistenţa aerului este mai mică, dar şi săriturile, pentru că intervenţia gravitaţiei este mai redusă.

7 zile de antrenament la altitudine medie determină la 10 – 14 zile după revenirea la şes, creşterea cu 10 – 15% a VO_2 max; valoarea se menţine crescută cca 21 zile (I. Drăgan, 2002).

Alte efecte adaptative ale antrenamentelor în zona optimă de altitudine constau în: creşterea numărului de hematii (datorită scăderii presiunii parţiale a oxigenului), creşterea numărului de mitocondrii, a enzimelor ciclului Krebs şi a rezervelor de mioglobină, creşterea secreţiei de testosteron şi STH (explică intensificarea proceselor anabolice şi mobilizarea lipidelor); frecvenţa cardiacă şi debitul cardiac scad, iar ventilaţia pulmonară creşte.

Stagii repetate, în zonele cu altitudine medie, produc estomparea modificărilor adaptative , datorită „memoriei aclimatizării".

Un stagiu de pregătire de cca 21 – 28 zile, într-o zonă cu altitudine medie, determină atingerea randamentulului sportiv optim între zilele 14 – 28 (după revenirea la şes), cu un maxim de optim în zilele 14 – 18.

Aspecte privind adaptarea organismului la antrenamente efectuate în zona de altitudine medie au fost studiate de I. Drăgan (2002).

Tabelul 17.8 – Valori ale VO_2 la sedentari (exprimate în ml/min/kg)
(după Wilmore & Costill, 2007)

Vârstă (ani)	VO_2 max bărbaţi	VO_2 max femei
10 - 19	47 - 56	38 - 46
20 - 29	43 - 52	33 - 42
30 - 39	39 - 48	30 - 38
40 - 49	36 - 44	26 - 35
50 - 59	34 - 41	24 - 33
60 - 69	31 - 38	22 - 30
70 - 79	28 - 35	22 - 27

Tabelul 17.9 – Valori ale VO2 la sportivi (exprimate în ml/min/kg)
(după Wilmore & Costill, 2007)

Disciplină sportivă	Vârstă (ani)	VO_2 max Bărbaţi	VO_2 max Femei
Aruncarea greutăţii	22 - 30	43 - 52	39 - 50
Probe de fond	18 - 39	60 - 85	50 - 75
	40 - 75	40 - 60	35 - 60
Probe semifond	18 - 27	57 - 67	50 - 64
Probe viteză	18 - 30	54 - 60	49 - 58
Canoe	22 - 28	55 - 67	48 - 52
Ciclism	18 - 26	62 - 74	47 - 57
Baschet	18 - 30	40 - 60	43 - 60
Fotbal	22 - 28	54 - 64	50 - 60
Handbal	18 - 30	47 - 58	41 - 53
Volei	18 - 30	49 - 54	42 - 53
Gimnastică	18 - 22	52 - 58	36 - 50
Haltere	29 - 30	28 - 52	–
Lupte	18 - 30	53 - 65	46 - 57
Nataţie	10 - 25	50 - 70	40 - 60
Patinaj artistic	14 - 25	55 - 67	48 - 55
Patinaj viteză	18 - 24	50 - 70	40 - 60
Schi fond	20 - 28	65 - 94	60 - 75
Schi alpin	18 - 30	57 - 68	50 - 55
Sporturi de luptă	18 - 30	53 - 65	45 - 57
Tenis	18 - 30	52 - 63	49 - 56
Triatlon	18 - 29	61 - 75	53 - 66
Baseball	18 - 32	48 - 56	52 - 57

7. *Antrenamentele specifice*. Cu cât programul de antrenament este mai apropiat de activitatea practicată, cu atât performanţa poate fi optimizată.

Specificitatea antrenamentului este unul dintre cele mai importante principii în metodica pregătirii, deoarece prin ea se realizează adaptarea şi modelarea efortului.

Prin testări efectuate după exerciţii apropiate de sportul practicat se măsoară potenţialul aerob al sportivilor.

8. *Electrostimularea*. Electrostimularea produce vasodilataţie la nivelul capilarelor din muşchi, asigurând astfel un aport crescut de oxigen către organul efector.

9. *Factori funcţionali.* VO_2 max este influenţat de debitul cardiac. Debitul cardiac reprezintă produsul dintre volumul sistolic şi frecvenţa cardiacă. La sportivi, ca modificare

adaptativă, debitul cardiac creşte pe baza volumului sistolic, în timp ce la nesportivi, creşterea se produce pe baza frecvenţei cardiace.

VO_2 max poate fi atins după 3 minute de efort de intensitate submaximală (90%).

Efectele antrenamentului aerob

Antrenamentele aerobe produc adaptări la nivel central şi periferic, în funcţie de tipul şi intensitatea efortului prestat.

Dacă intensitatea acestora este inferioară pragului anaerob, modificările se produc la nivel central şi se răsfrâng asupra mecanismelor cardio-pulmonare.

Dacă intensitatea este mai mare, apropiată sau egală cu VO_2 max, adaptările se produc la nivel periferic, muscular şi constau în creşterea: capilarizării musculare, a conţinutului în mioglobină, a numărului şi dimensiunilor mitocondriilor şi a activităţii enzimelor mitocondriale.

Aceste adaptări îmbunătăţesc oxigenarea muşchilor; creşte astfel capacitatea lor de a suporta eforturi de lungă durată.

Antrenamentul aerob poate fi orientat şi pentru dezvoltarea forţei (Ducherty & Sporer, 2000) sau a anduranţei, lucrând la praguri anaerobe (în aerobioză), deşi efortul specific de dezvoltare a forţei este anaerob.

Adaptările legate de antrenamentul forţei constau în creşterea forţei musculare voluntare, ca rezultat al creşterii suprafeţei de secţiune a muşchiului (hipertrofie musculară, ca adaptare periferică) sau optimizarea activării şi sincronizării unităţilor motorii şi diminuarea co-contracţiei muşchilor antagonişti (adapare de tip central, nervos, fără hipertrofie musculară).

Antrenamentul aerob al forţei produce scăderea greutăţii corporale prin reducerea masei grase şi creşterea masei musculare active. Comparativ cu bărbaţii, femeile câştigă mai mult în masă musculară. Masa grasă se reduce atât prin creşterea capacităţii de utilizare a acizilor graşi liberi (proveniţi din ţesutul adipos), ca sursă energetică pentru susţinerea efortului, cât şi prin creşterea sensibilităţii adipocitelor la insulină.

Antrenamentul de anduranţă mută accentul pregătirii pe utilizarea sistemului lipidic, pentru a proteja sistemul glucidic aerob (fenomenul de crossover).

Alte efecte ale antrenamentului aerob: creşte densitatea oaselor lungi, scade colesterolul şi glicemia, concomitent cu riscul de apariţie a osteoporozei şi a bolilor cardiovasculare.

Antrenamentul de anduranţă are ca obiectiv creşterea VO_2 max, dar progresul este dependent de nivelul iniţial al VO_2 maxim, intensitatea, durata şi frecvenţa antrenamentelor.

Răspunsul la efort nu prezintă diferenţe pe sexe, numai că amploarea adaptărilor este mai mică la femei.

17.2.3. Metode, teste şi aparate pentru evaluarea capacităţii aerobe de efort

Capacitatea aerobă de efort se exprimă prin consumul maxim de oxigen, care poate fi măsurat sau estimat prin:

A. Metode directe;

B. Metode indirecte.

A. Metodele directe sunt reprezentate de *spiroergometrie* şi *calorimetrie*, considerate cele mai precise. Determinarea anduranţei cardiorespiratorii se realizează prin măsurarea directă a VO_2 max, înregistrat în cursul unui efort maximal (test maximal), efectuat la un ergometru: covor rulant sau bicicletă ergometrică.



Fig. 17.1 – Spiroergometru



Fig. 17.2 – Spiroergometrie - efort la bicicletă ergometrică

Testele de efort maximal constau în pedalare la bicicleta ergometrică sau alergare pe covorul rulant. Efortul iniţial se execută cu o intensitate scăzută, care creşte progresiv, pe mai multe paliere în cadrul testării (se numesc probe „în scară " sau rectangulare).

Există şi posibilitatea ca puterea (viteza) maximă la care se execută testarea să fie stabilită prin şedinţe succesive de încărcare (în cadrul unei şedinţe se lucrează pe un palier; aceste probe se numesc liniare).

Un test de efort maximal aplicat în mod curent constă în pedalare la o bicicletă ergometrică, pe paliere de efort, cu încărcare constantă de 50 de waţi pentru bărbaţi şi 25 de waţi pentru femei. OMS propune să se înceapă de la 75 – 100 de waţi, iar sarcina să fie mărită cu 50 – 75 de waţi la fiecare palier de efort a cărui durată este de 2-3 minute, până la atingerea unui vârf maxim al posibilităţilor aerobe.

- Subiectul este conectat la un analizor de gaze, care măsoară pe tot parcursul testului ventilaţia pulmonară, gradientul dintre aerul inspirat şi cel expirat, respectiv consumul de oxigen. Analiza eşantioanelor de gaz respirator evidenţiază o creştere a consumului de oxigen până la un moment dat, când consumul de oxigen se stabilizează (se menţine în platou), deşi intensitatea efortului creşte. Este semnul instalării unui echilibru aparent între aportul şi consumul de oxigen, stare numită „steady state"; subiectul a atins limitele maxime de adaptare la efortul prestat („vita maxima"). Tot oxigenul disponibil este consumat la nivel muscular, deci se înregistrează VO_2 max, semn că efortul a fost executat cu putere maximă aerobă (PMA) sau cu viteză maximă aerobă (VMA). Cât timp curbele de pe spirogramă evidenţiază evoluţia paralelă a debitelor VCO_2 şi VO_2, efortul se desfăşoară în condiţii de aerobioză. Pe măsură ce apare un exces de CO_2, subiectul se apropie de pragul ventilator, care reprezintă punctul în care curba debitului VCO_2 creşte brusc, o depăşeşte pe cea a VO_2; concomitent creşte frecvenţa respiratorie. Când curbele debitelor se intersectează, efortul devine anaerob. Rata aerobă a efortului este invers proporţională cu intensitatea lui.

Se consideră că VO_2 max a fost efectiv atins (se menţine constant) când se observă simultan următoarele elemente (H. Monod at al., 2007):

- frecvenţa cardiacă înregistrează valoarea maximă teoretică pentru vârsta subiectului, calculată după formula lui Åstrand;
- lactacidemia este > 9 mmoli/l;
- coeficientul respirator (raportul dintre CO_2 expirat şi oxigenul consumat) este de 1,1.

Prin metode directe mai pot fi determinate:

- consumul maxim de oxigen, corespunzător fiecărei contracţii cardiace în timpul efortului (VO_2 max/FC max);
- economia metabolică de efort, prin raportarea lactatului la puterea (wattajul) efortului prestat.

Uneori, în timpul unui efort maximal, anumiţi subiecţi nu pot atinge platoul simbolic al VO_2 max real. Consumul de oxigen este mai degrabă reprezentativ pentru limite de natură patologică sau ale condiţiei fizice (sedentari, vârstnici), decât pentru limite fiziologice. În aceste situaţii, se reţine valoarea cea mai mare a VO_2 max, considerată vârful consumului de oxigen (symptom-limited).

B. Metodele indirecte permit estimarea VO_2 max prin raportare la frecvenţa cardiacă a subiectului, înregistrată după un efort prestabilit (teste de efort). Explorările paraclinice furnizează date importante privind reacţia organismului (acută sau cronică) la efortul prestat.

1. Teste de efort

a) Teste de laborator pentru evaluarea capacităţii aerobe de efort

Testele de efort efectuate în laborator măsoară consumul maxim de oxigen pe baza frecvenţei cardiace maxime înregistrate într-un efort calibrat, de tip maximal sau submaximal, realizat după un protocol reproductibil; VO_2 max este monitorizat longitudinal.

Testele de efort maximal se execută la covor rulant sau la bicicleta ergometrică.

Probele de efort la covorul rulant constau în alergare; încărcarea efortului (creşterea intensităţii) se poate realiza prin creşterea succesivă, apoi simultană a vitezei şi a pantei covorului.

La bicicleta ergometrică efortul constă în pedalare, iar încărcarea se realizează prin sisteme electronice de frânare.

Se consideră că există o relaţie liniară între frecvenţa cardiacă, puterea efortului (exprimată în waţi) şi consumul de oxigen (exprimat în ml/min). Dacă iniţial această relaţie era folosită pentru interpretarea răspunsului cardiac la eforturi submaximale (Åstrand & Rhyming,1954), cu timpul s-a aplicat şi pentru eforturi de intensitate maximală (Åstrand et al.,1964, Conconi et al., 1982). Statistic o anumită valoare a frecvenţei cardiace corespunde unei anumite puteri sau unui anumit procentaj al consumului de oxigen. Când frecvenţa cardiacă atinge valoarea maximă teoretică, potrivit formulei lui Åstrand, se apreciază că s-a instalat starea de echilibru între aportul şi consumul de oxigen, deci consumul de oxigen este maxim (VO_2 max).

Valoarea VO_2 max se citeşte pe nomograma lui Åstrand-Ryhming (fig. 17.4) şi reprezintă punctul de intersecţie al dreptei care uneşte punctul corespunzător frecvenţei cardiace maxime cu cel al puterii la care s-a efectuat efortul. Scalele nomogramei au fost calculate diferenţiat, în funcţie de sexul subiectului. Pe coloana din stânga sunt reperele pentru bărbaţi, iar în partea dreaptă pentru femei.

Starea de echilibru între aportul şi consumul de oxigen este reală sau aparentă („steady state").

Starea de echilibru real are două trepte: echilibru relativ (ergostază) şi echilibru adevărat.

În starea de echilibru relativ, frecvenţa cardiacă este cuprinsă între 150 şi 170 de bătăi/min; consumul de oxigen/min este aproape de limita lui maximă; această stare poate fi menţinută cca 30 de minute pentru că intensitatea este 85 – 95% din FC max.

În starea de echilibru adevărat, frecvenţa cardiacă ajunge la 120 – 130 – 150 de bătăi/min; această stare poate fi menţinută ore, deoarece intensitatea efortului permite aprovizionarea aproape constantă cu oxigen.

Teoretic, determinările parametrilor monitorizaţi se realizează în „steady state". Nivelul la care se instalează starea stabilă variază în funcţie de vârstă, sex, greutate, iar la sportivi se adaugă cerinţele sportului practicat şi etapa de pregătire.

Lactatul se produce înainte de a se atinge pragul anaerob, când sportivul este în stare stabilă, iar cantitatea nu depăşeşte 4 mmoli/l.

Relaţia liniară dintre FC şi VO_2 max poate fi prezentată şi sub forma unei ecuaţii:

$$VO_2 \text{ max } (\%) = (0{,}77 \times FC) - 48{,}6$$

Testele de efort submaximal sunt alternativele celor maximale pentru predicţia sau estimarea VO_2 max, unele fiind similare; precizăm că diferenţa constă în intensitatea mai mică a efortului, care trebuie efectuat până la atingerea frecvenţei cardiace maxime

teoretice, estimată pe baza fomulei lui Åstrand (mai ales pentru persoane neantrenate). Interpretarea rezultatelor este aceeaşi.

Alegerea metodei de evaluare (maximală sau submaximală) şi a tipului de protocol depinde de mai mulţi factori (Heyward, 1991): vârstă, sex, stare de sănătate şi condiţie fizică.

Formula lui Åstrand nu ia în considerare variabilitatea individuală a frecvenţei cardiace, legată de vârstă sau de momentul circadian al determinării. Ca urmare, indiferent de tipul de efort la care este supus subiectul, estimarea VO_2 max pe baza frecvenţei cardiace maxime teoretice prezintă un grad de eroare. Gradul de eroare este diferit în funcţie de intensitatea efortului prestat.

Astfel, frecvenţa cardiacă înregistrată în timpul unui efort maximal este mai aproape de frecvenţa cardiacă maximă reală, de aceea gradul de eroare este mai mic. În efortul submaximal, frecvenţa cardiacă teoretică maximă nu este expresia unei solicitări maxime a subiectului, de aceea determinarea VO_2 max prin teste de efort submaximal are o eroare de 10-20% faţă de testul maximal.

Fiecare tip de efort prezintă avantaje şi dezavantaje.

Testele de efort submaximal sunt preferate de cardiologi, deoarece pot evalua, fără risc sau cu risc potenţial minor, capacitatea funcţională la efort a persoanelor în vârstă sau a celor cu o condiţie fizică scăzută.

American College of Sports Medicine (ASCM) consideră că la sfârşitul unui test submaximal frecvenţa cardiacă se situează între 75 şi 85% din frecvenţa cardiacă estimată.

Testele de efort maximal trebuie să solicite mase musculare importante (2/3 din masa musculară), de aceea au o serie de *dezavantaje*:

- sunt epuizante din punct de vedere fizic;
- solicită motivaţia puternică a subiectului;
- sunt periculoase pentru persoanele cu afecţiuni respiratorii şi coronariene.

Fiabilitatea testărilor depinde şi de tipul ergometrului utilizat.

Proba Åstrand - Ryhming (1954) – este cea mai cunoscută metodă indirectă de estimare a VO_2 max, care ajunge la muşchi în unitatea de timp, şi constă într-un efort submaximal, executat timp de 6 minute la bicicleta ergometrică sau la scăriţă (steptest).

Pedalarea la bicicletă se execută la o putere constantă de 150 waţi pentru bărbaţi (175-225 w la sportivi) şi 100 waţi pentru femei (150-200 w în cazul sportivelor). Frecvenţa cardiacă este măsurată în ultimul minut, când se consideră că s-a înregistrat „starea stabilă". Valoarea minimă trebuie să fie de 120 bătăi/minut (120-170 bătăi/minut). Dacă după 6 minute de efort frecvenţa cardiacă este mai mică, se consideră că solicitarea nu a atins limitele scontate, de aceea proba se prelungeşte cu încă un ciclu.

Deşi testul are o eroare de 10-20%, se aplică pentru următoarele avantaje: este rapid, reproductibil, ieftin, uşor de realizat, necesită un echipament minim şi nu face parte din categoria testelor de efort cardiovascular, care necesită personal medical specializat.

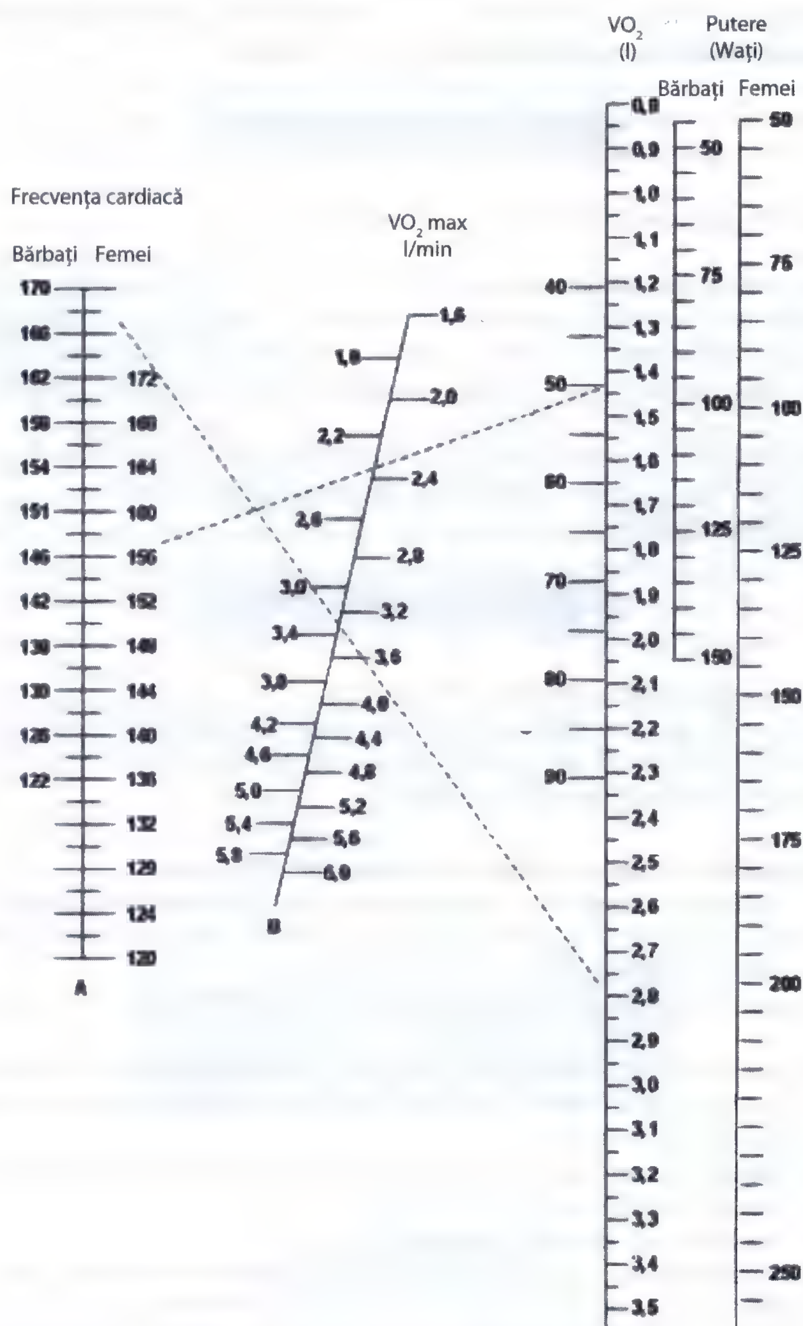


Fig.17.4 – Nomograma Åstrand - Ryhming

Cunoscând puterea la care se execută un exerciţiu (PMA), consumul maxim de oxigen, poate fi calculat şi prin aplicarea formulei lui Haw-Ley:

$$VO_2 \max = (0{,}01141 \times PMA) + 0{,}435$$

în care VO_2 max se exprimă în l/min, iar PMA în waţi

În cazul sportivilor, valoarea relativă a VO_2, obţinută prin raportarea valorii absolute (exprimată în ml/min) la greutatea corporală, se compară cu valoarea ideală în funcţie de cerinţele sportului practicat, vârstă şi sex. Dacă aceasta reprezintă 75% din valoarea ideală, rezultă că sportivul are o capacitate de efort corespunzătoare etapei de pregătire.

Proba Fox (1973) se bazează pe relaţia liniară dintre VO_2 max şi frecvenţa cardiacă, măsurată în minutul 5, după un pedalaj la o putere unică de 150 waţi.

Ecuaţia este următoarea:

$$VO_2 \max = 6{,}3 - (0{,}0193 \times FC)$$

Este necesară aplicarea unor factori de corecţie.

Această probă poate fi efectuată dacă frecvenţa cardiacă, măsurată în minutul 5, depăşeşte 139 bătăi/minut, pentru un VO_2 max cuprins între 2,4 şi 4,35 l/min. Sub aceste valori este preferabilă proba Åstrand-Ryhming.

b) *Teste de teren pentru evaluarea capacităţii aerobe de efort*

Aceste teste sunt mai puţin precise, comparativ cu cele efectuate în laborator. Caracterul maximal al probelor este incert. Singurul indicator fiziologic care poate fi utilizat pe teren este frecvenţa cardiacă.

În plus, subiecţii trebuie să fie suficient de motivaţi pentru a efectua un efort maximal.

Avantajele testelor de teren sunt de ordin pragmatic: se pot aplica simultan pe eşantioane mari, oferind astfel posibilitatea estimării şi predicţiei anduranţei cardio-respiratorii unui număr mare de subiecţi.

Măsurătorile indirecte efectuate pe baza testelor de efort în teren au diverse grade de imprecizie, care rezultă dintr-o serie de erori privind:

- aprecierea costului energetic individual;
- evaluarea frecvenţei cardiace maxime, atât în cazul testării prin efort submaximal, cât şi prin efort maximal, dacă subiecţii testaţi nu sunt motivaţi;
- aprecierea gradului de participare al metabolismului anaerob în cazul unui efort maximal.

Aceste teste constau în:

– teste de performanţă maximă în alergare pe o distanţă sau o durată impusă;

– teste de intensitate progresivă, efectuate până la epuizare.

Efortul care permite creşterea anduranţei aerobe trebuie să se situeze cât mai aproape de pragul anaerob, deoarece la această intensitate oxigenul este eficient utilizat pentru creşterea vascularizaţiei muşchiului.

Cele mai utilizate teste de teren sunt:

- testul Cooper;
- testul Luc Léger (naveta);
- testul Conconi etc.

Testul Cooper constă în alergare, cu viteză constantă, subiectul parcuge o distanţă (D) cât mai lungă, timp de 12 minute, fără sprint final şi fără depăşirea frecvenţei cardiace maxime teoretice, calculată după formula lui Åstrand. Frecvenţa cardiacă se monitorizează cu un pulstester. Condiţiile tehnice, climatice ale cursei (căldura excesivă, vântul sau ploaia puternică) sau cele legate de starea psiho-fizică a subiectului (rezistenţa la stres sau gradul de motivaţie) pot modifica semnificativ rezultatul testului. Unii specialişti consideră că durata probei corespunde timpului maxim de menţinere a puterii aproape de puterea maximă aerobă, aspect valabil doar în cazul sportivilor de înalt nivel, antrenaţi în anduranţă.

Rezultatele probei sunt înalt corelate cu VO_2 max măsurat în laborator pe covor rulant, în pantă. Unui adult îi sunt necesare 5 minute pentru a atinge VO_2 max, pe care îl poate menţine 7-8 minute, rezultând un timp total de12 minute (testul Cooper), în timp ce unui copil îi sunt necesare 2-3 minute pentru a-l atinge şi 5-6 minute pentru a-l menţine, total 9 minute (testul Cooper adaptat).

Se pot utiliza mai multe formule de calcul al VO_2 max, exprimat în ml/min/kg, bazate pe relaţia liniară dintre distanţa parcursă şi VO_2 max, după cum urmează:

$$VO_2 \text{ max} = [D\ (m) - 504{,}9]/4{,}73\ ;$$
$$VO_2 \text{ max} = [22{,}351 \times D\ (km)] - 11{,}288;$$
$$VO_2 \text{ max} = 0{,}022 \times [D\ (m) - 10{,}39].$$

După formula lui Leger & Mercier se poate calcula şi viteza maximă aerobă, exprimată în km/h:

$$VMA = VO_2 \text{ max}/3{,}5$$

Testul Cooper se aplică exclusiv sportivilor, deoarece la persoane sedentare poate produce tulburări cardiovasculare de suprasolicitare.

H. Monod (2005) consideră că cea mai fidelă formulă de calcul a VO_2 max pentru sportivi a fost propusă de Barault:

$$VO_2 \text{ max} = 0{,}011 \times [D (m) + 21{,}90]$$

Tabelul 17.10 – Aprecierea nivelului de pregătire (Tabelul lui Cooper)

Formă	Distanţă (m)/Vârstă/Sex							
	30 ani		30 - 39 ani		40 - 49 ani		> 50 ani	
	Femei	Bărbaţi	Femei	Bărbaţi	Femei	Bărbaţi	Femei	Bărbaţi
Foarte slab	< 1500	< 1600	< 1350	<1500	-<1200	< 1350	< 1100	< 1250
Slab	1500-1850	1600-2000	1350-1700	1500-1850	1200-1500	1350-1700	1100-1350	1250-1600
Mediu	1851-2150	2001-2400	1701-2000	1851-2250	1501-1850	1701-2100	1351-1700	1601-2000
Bun	2150-2650	2401-2800	2001-2500	2251-2650	1851-2350	2101-2500	1701-2200	2001-2400
Excelent	> 2650	> 2800	> 2500	> 2650	> 2350	> 2500	> 2200	> 2400

Importanţa testării:
- obiectivarea nivelului de pregătire;
- creşterea calităţii antrenamentelor, care vor fi individualizate în funcţie de adaptarea energetică şi cardiorespiratorie.

Testul Luc Léger (1985) constă în alergare cu viteză progresiv crescătoare, care permite determinarea VMA şi calculul estimativ al VO_2 max. Reproductibilitatea testării oferă posibilitatea unui studiu comparativ, în evoluţie al VMA. Corelaţia dintre rezultatele obţinute şi VO_2 max este mai puţin precisă comparativ cu testul Cooper, dar se pare că testul Léger se pretează cel mai bine estimării potenţialului şi performanţelor sportive în jocuri, mai ales în situaţii de meci.

Testarea se realizează pe o pistă de atletism, jalonată din 20 în 20 m sau pe o suprafaţă delimitată prin 2 linii paralele trasate la o distanţă de 20 m şi marcate la fiecare capăt prin câte un jalon. Pe toată perioada probei se derulează o casetă specială pentru test, care imprimă ritmul alergării, pe 20 de paliere, cu viteze progresiv crescătoare. Fiecare palier durează 2 minute; primul corespunde unei viteze de 7-8 km/h (se creşte cu 1 km/h/palier). Sportivul pleacă de la linia de start şi accelerează la trecerea de fiecare jalon (din 20 în 20m pentru proba pe pistă) sau realizează cât mai multe întoarceri la viteze progresiv crescătoare (proba pe suprafaţa delimitată). La modificarea vitezei, semnalizată sonor, subiectul trebuie să fie în dreptul unui jalon.Testul poate fi efectuat simultan de mai mulţi subiecţi, cu păstrarea unei distanţe de siguranţă între ei, de cca 1,5-2 m.

Testarea se opreşte când un subiectul nu mai poate păstra ritmul de alergare impus, decalajul dintre semnalul sonor şi distanţa faţă de jalon fiind mai mare sau egală cu 2 m. Se notează palierul înregistrat, care oferă valoarea vitezei (v) pe baza căreia se estimează VO_2 max, după următoarea formulă:

$$VO_2 \text{ max} = 14{,}49 - 2{,}143 \times 0{,}00324v$$

În tabele de referinţă se citeşte valoarea VO_2 max corespunzător numărului ultimului palier parcurs. Faţă de proba originală s-au produs modificări în privinţa duratei fiecărui palier (a scăzut la 1 min) şi a valorii creşterii progresive a vitezei/palier (a scăzut la 0,5km/h). Alţi practicieni menţin durata de 2 min/palier de viteză, dar optează pentru o creştere de 0,5km/h/palier, situaţie pe care o prezentăm în tabelul 17.11.

Tabelul 17.11 – Interpretarea Testului Luc Léger (naveta)

Palier	Viteză (km/h)	VO_2 max (ml/min/kg) în funcţie de vârstă (ani)							
		11 ani	12 ani	13 ani	14 ani	15 ani	16 ani	17 ani	18 ani +
1	8,50	37,2	35,2	33,3	31,4	29,4	27,5	25,5	23,6
2	9,00	39,6	37,8	35,9	34,0	32,2	30,3	28,5	26,6
3	9,50	42,1	40,3	38,5	36,7	35,0	33,2	31,4	29,6
4	10,00	44,6	42,9	41,1	39,4	37,7	36,0	34,3	32,6
5	10,50	47,0	45,4	43,8	42,1	40,5	38,9	37,2	35,6
6	11,00	49,5	47,9	46,4	44,8	43,3	41,7	40,2	38,6
7	11,50	52,0	50,5	49,0	47,5	46,0	44,6	43,1	41,6
8	12,00	54,4	53,0	51,6	50,2	48,8	47,4	46,0	44,6
9	12,50	56,9	55,6	54,2	52,9	51,6	50,3	48,9	47,6
10	13,00	59,5	58,2	57,0	55,8	54,5	53,2	51,9	50,6
11	13,50	61,8	60,6	59,5	58,3	57,1	55,9	54,8	53,6
12	14,00	64,3	63,2	62,1	61,0	59,9	58,8	57,7	56,6
13	14,50	66,7	65,7	64,7	63,7	62,7	61,6	60,6	59,6
14	15,00	69,2	68,3	67,3	66,4	65,4	64,5	63,5	62,6
15	15,50	71,7	70,8	69,9	69,1	68,2	67,3	66,5	65,6
16	16,00	74,1	73,3	72,6	71,8	71,0	70,2	69,4	68,6
17	16,50	76,6	75,9	75,2	74,5	73,7	73,0	72,3	71,6
18	17,00	79,1	78,4	77,8	77,2	76,5	75,9	75,2	74,6
19	17,50	81,5	81,0	80,4	79,9	79,3	78,7	78,2	77,6
20	18,00	84,0	83,5	83,0	82,5	82,1	81,6	81,1	80,6

Testul Conconi este o alternativă a testului Luc Léger şi se utilizează pentru măsurarea vitezei maxime aerobe. Efortul constă în alergare la o intensitate de 85% din frecvenţa cardiacă maximă. Se practică pe o pistă de atletism de 400 m, marcată din 50 în 50 m,

pentru a putea repera pragul de la care începe acumularea lactatului. Subiectul parcurge de cca 8-12 ori pista, cu viteză progresiv crescătoare, 8 km/h la start, după care se creşte cu 0,5 km/h la fiecare 200 m. Un pulstester înregistrează frecvenţa cardiacă pe ultimii metri ai fiecărui palier de 200 m. Reprezentarea grafică a curbelor frecvenţei cardiace pe fiecare palier de viteză, evidenţiază după o perioadă, pierderea liniarităţii răspunsului cardiac la efortul prestat. Acest punct a fost denumit de Conconi et al. (1996) prag cardiac sau prag de deflexiune a frecvenţei cardiace şi corespunde OBLA sau limitei maxime a efortului în aerobioză.

2. Explorări paraclinice

a) Măsurarea lactatului verifică (infirmă/confirmă) rezultatele testelor de teren. Când nivelul lactatului scade, sportivul este mai eficient, şi-a ameliorat capacitatea aerobă, ceea ce dovedeşte că a produs mai puţin lactat şi este capabil să-l elimine mai rapid din sânge (Costill, Maglischo & Richardson, 1994).

b) Biopsia musculară evidenţiază la practicanţi ai sporturilor aerobe (fond, semifond, maratonişti etc) un procent crescut de fibre cu contracţie lentă, tip I (slow twitch), formate din celule mici, bogate în mioglobină (roşii), cu puţine miofibrile, multe mitocondrii şi capilare (vezi tabelul 10.1); au rezerve mici de glicogen şi ATP-ază miozinică lentă (rata aerobă este crescută, rata glicolitică şi sistemele tampon sunt scăzute).

Enunţuri metodologice:

1. Sportivii care consumă cea mai mare cantitate de oxigen, într-un efort maxim, sunt performanţi în sporturile de anduranţă.

2. Valoarea VO_2 max trebuie depistată pentru că are o mare variabilitate individuală.

3. Nu este suficientă depistarea unei valori excelente a VO_2 max, importantă este utilizarea ei în antrenamente.

4. VO_2 max determină potenţialul sportivului în sporturile de anduranţă: maraton, ciclism, schi fond, atletism (probele de fond şi semifond), triatlon etc.

5. Determinarea indirectă a consumului maxim de oxigen, pornind de la frecvenţa cardiacă pentru un efort calibrat nu are caracter estimativ, dar reproducerea testării în aceleaşi condiţii oferă posibilitatea comparării datelor.

6. Frecvenţa cardiacă obţinută în timpul unui test de efort este superioară valorii teoretice şi inferioară celei înregistrate în competiţii, unde intervin şi alţi factori: stresul competiţional, sprintul final etc.

7. Valoarea frecvenţei cardiace obţinută la testul de efort este de referinţă în dirijarea antrenamentului.

8. Testele de efort permit aprecierea progresiei înregistrate într-un sezon sportiv. De obicei, VO_2 max creşte în timpul primelor 2-3 luni de antrenament, după care se stabilizează, ceea ce înseamnă că există o limită individuală de ameliorare a acestui parametru. Menţinerea constantă a VO_2 max la determinări repetate nu exclude creşterea nivelului performanţial, prin utilizarea optimă a oxigenului. Ameliorarea calitativă a antrenamentelor (adaptate şi specifice) se manifestă în general prin scăderea volumului

de efort, ştiind că PMA este unul dintre cele mai bune procedee metodice de antrenare a anduranţei (se poate presta un efort mai mic sau egal cu 30 minute, cu o intensitate de 90%).

9. Absenţa progresiei nivelului sportiv poate evidenţia şi neadaptarea sportivului la solicitările energetice impuse de antrenamentele efectuate.

Acestea reprezintă câteva orientări metodologice, dar specialiştii au posibilitatea dirijării antrenamentelor în funcţie de particularităţile sportivului şi de cerinţele probei practicate.

17.3. Capacitatea anaerobă de efort

17.3.1. Generalităţi

Capacitatea anaerobă de efort reprezintă posibilitatea organismului de a susţine un efort la un anumit procent din puterea maximă anaerobă, capacitatea organismului de a utiliza potenţialul aerob. Este dependentă de energia anaerobă de rezervă din organism şi se exprimă în ml O_2/kg, utilizând deficitul maxim acumulat în oxigen (DMAO), care corespunde diferenţei dintre energia aerobă furnizată (VO_2) şi energia necesară susţinerii efortului. Puterea maximă anaerobă corespunde unui consum maxim de oxigen cuprins între 120 şi 150%.

Referitor la conceptele elaborate în perioada 1920-1996, privind lactatul (cauze, efecte, dirijare antrenament etc.), cercetătorii au ajuns la concluzia că acestea trebuie revăzute şi precizate în cea mai mare parte.

În ciuda tuturor controverselor şi incertitudinilor, este unanim acceptat că nivelul lactatemiei este înalt corelat cu intensitatea efortului. În condiţiile unei producţii foarte mari de energie anaerobă, lactatul poate participa la buna funcţionare a organismului prin utilizarea energiei de către alţi muşchi activi sau de cord. Lactatul este considerat un indicator al potenţialului anaerob lactic, o treaptă care face diferenţa între filierele de producere a energiei: anaerobă şi aerobă.

Partea acidă a acestui produs metabolic (H^+) dezechilibrează homeostazia, de aceea este tamponată de substanţe conţinute în plasma sangvină şi eliminată cât mai rapid. Se evită astfel producerea acidozei sangvine.

Sistemele-tampon se găsesc în cea mai mare parte în hemoglobină şi muşchi şi sunt reprezentate de: bicarbonat, fosfat şi sistemul proteic, considerat cel mai important pentru antrenament, deoarece asigură 75% din totalitatea proceselor de tamponare (Guyton, 1971). Se pare că sistemele tampon din muşchi sunt de cel puţin 5 ori mai eficiente decât cele din sânge (Åstrand & Rodahl, 1977).

Momentul divergenţelor de opinie privind acidul lactic (lactatul) ne obligă să prezentăm şi punctele de vedere clasice, folosite încă în dirijarea antrenamentelor.

Tabelul 17.12 – Tipuri de efort şi participare funcţională (după G .Neumann)

Sistemul funcţional	Unitatea de măsură	Anaerob menţinut pe seama fosfagenelor		Anduranţa					
				scurtă	medie	lungă			
		1 – 10 " alactacid	10 – 35" lactacid	35 – 120"	2 – 10 min	10 – 35 min I	35 – 90 min II	90 – 360 min III	>360 min IV
Circulaţia coronariană	pulsaţii/min	190-210	200-220	185-200	190-210	180-190	175-190	150-180	120-170
Consum de oxigen	VO_2 max	100%	100%	100%	95-100%	90-95%	80-95%	60-90%	50-60%
Schimburi energetice	rata anaerobă/ aerobă	99%/1%	95%/5%	80%/20%	40%/60%	30%/70%	20%/80%	5%/95%	1%/99%
Consum energetic 1 kcal = 4,19 kj	kj/min	-	-	250	190	120	105	80	75
	kj/total	30 - 120	120- 380	380- 450	460 - 1680	1680- 3150	3150 - 9660	9660 - 27000	>27000
Scăderea glicogenului muscular	% glicogen în muşchi	(-)1%	(-) 2 – (-)3%	(-)10%	(-)30%	(-)40%	(-)60%	(-)80%	(-)95%
Lipoliza	AGL mmol/l	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	1,0	2,0	2,5
Glicoliza	lactat mmol/l	4 - 6	8 – 14	18	20	14	8	4	2
Proteinoliza	uree,ac.uric creatinină	-	-	-	+ -	+	++	+++	++++
		ATP	ATP+CP	CP					

Se consideră că apariţia acidului lactic în cantităţi masive în muşchi face imposibilă continuarea efortului, în timp ce consumul glicogenului muscular permite continuarea lui cu dificultate. Întârzierea acumulării de acid lactic este un proces important pentru metodica antrenamentului şi presupune 3 direcţii:

- reducerea vitezei de acumulare;
- creşterea vitezei de eliminare din muşchii activi;
- creşterea toleranţei faţă de acumularea acidului lactic.

Reducerea vitezei de acumulare a acidului lactic se realizează prin creşterea VO_2 max în timpul efortului la nivelul celulei musculare.

Demn de semnalat este mecanismul de eliminare a acidului lactic evidenţiat şi confirmat prin *„platforma alaninei".*

Aceasta înseamnă că o parte din piruvat este eliminată de muşchii activi când se combină cu amoniacul pentru a forma alanina (Keull ,Doll & Kepller, 1972). Alanina difuzează în sânge şi este transformată în glucoză la nivelul ficatului. Antrenamentul specific măreşte cantitatea de alanină (transformată din piruvat) şi reduce formarea lactatului la antrenaţi cu 36 - 60% (Carlsen, 1965; Felig & Wahren, 1971). Aceştia au constatat că producţia alaninei creşte cu 500% în muşchii membrelor inferioare după antrenamente dure.

Ipotetic, se poate aprecia că, antrenamentul care măreşte VO_2 max şi reduce producţia de lactat, poate să crească platforma alaninei (Gh. Marinescu, 1998).

Eforturile anaerobe alactacide au următoarele caracteristici: durată între 1"-10"-15", intensitate foarte mare, frecvenţa cardiacă ajunge la valori de 190-210 bătăi/min (tabelele 17.5, 17.6 şi 17.12); sursa de energie este reprezentată de sistemul fosfagenelor ATP-CP, din a căror metabolizare energia rezultă în mod exploziv, prin ruperea legăturilor fosfat macroergice; metabolismul lipidic şi proteic nu sunt implicate, iar intervenţia celui glucidic este redusă.

Eforturile anaerobe lactacide sunt eforturi de intensitate foarte mare, cu o durată de 10"-35"-45"-1min, în care frecvenţa cardiacă ajunge la 200-214 bătăi/min (tabelele 17.5 şi 17.12).Substratul energetic imediat este tot ATP, a cărui resinteză se realizează prin glicoliză anaerobă.

Exemple de probe anaerobe alactacide: 100 m plat, 100 şi 110 m garduri, 50, 100 m nataţie, probele de sărituri şi contraatacul din cadrul jocurilor sportive.

În timpul eforturilor anaerobe se creează o datorie de oxigen, care corespunde refacerii compuşilor macroergici şi acumulării acidului lactic produs în exces. Creşterea peste un anumit nivel a datoriei de oxigen, reprezintă un factor limitativ al duratei eforturilor maximale. Plata datoriei de oxigen este totdeauna mai mare decât cheltuielile (deficitul) şi are loc, în procent de 50%, în primele 15 minute după încetarea efortului, iar restul în mai multe ore. Prin antrenament, datoria poate creşte de la 10 l la nonsportivi, la 18-20 l în cazul sportivilor (I. Drăgan, 2002).

Efectele antrenamentului anaerob

Dintre efectele antrenamentului anaerob, amintim:

- creşte toleranţa organismului la eforturi aproape de capacităţile maxime ale organismului;
- creşte activitatea echipamentului enzimatic implicat în filiera energetică rapidă, anaerobă;
- ameliorează capacitatea de tampon a muşchiului, mecanism care permite acestuia să tolereze acidoza metabolică (concentraţii mai mari de protoni), fără alterarea mecanismelor de degradare a glicogenului sau a calităţii contracţiilor;
- reduce costul energetic al unui gest sportiv, crescând astfel eficienţa tehnicii de execuţie.

17.3.2. Metode, teste şi aparate pentru evaluarea capacităţii anaerobe de efort

Evaluarea capacităţii anaerobe de efort se realizează numai la sportivi şi apreciază nivelul de pregătire şi concordanţa acestuia cu cerinţele sportului practicat şi cu etapa de pregătire.

Metodele de măsurare şi estimare a capacităţii anaerobe sunt exclusiv **indirecte**. Aceste metode solicită mult timp şi nu furnizează mai multe informaţii decât simpla cronometrare a efortului. Evaluarea se realizează prin teste de efort care se aplică în laborator sau pe teren şi abordează unilateral aspecte ale capacităţii anaerobe de efort privind:

- explorarea puterii maxime anaerobe (randamentul activităţii musculare în condiţii de anaerobioză);
- măsurarea unor parametri biochimici, caracteristici metabolismului anaerob: acid lactic (lactat), pH sangvin;
- măsurarea unor parametri ai metabolismului energetic, prin indicatori ai schimburilor gazoase: coeficient respirator, datorie de oxigen;
- calculul diferenţei între necesarul de oxigen presupus şi VO_2 max în timpul unui efort maximal epuizant (Costill, 1994). Oxigenul necesar peste VO_2 max este numit deficit de oxigen. Se presupune că sportivul care are cea mai mare capacitate anaerobă înregistrează şi cea mai mare datorie de oxigen.

1. Teste de efort

a) Teste de laborator pentru evaluarea capacităţii anaerobe de efort

Testul Szogy-Cherebeţiu (travaliul total realizat-TTR) se practică în cadrul Institutului Naţional de Medicină Sportivă (INMS) după un protocol diferit de cel original, protocol pe care îl prezint în continuare. Este o metodă simplă, care constă în măsurarea TTR la cicloergometru (o bicicletă specială la care roata acţionată de pedale este frânată după dorinţă). Efortul se desfăşoară cu intensitate maximă, poate fi întrerupt, scurtat sau pre-

lungit pentru aprecierea: etapelor efortului anaerob, corespondenţei cu cerinţele sportului practicat, respectiv cu etapa de pregătire.

După o scurtă încălzire, necesară acomodării sportivului cu ergometrul şi mobilizării elementelor metabolice, se efectuează testul în două etape.

În prima, subiectul pedalează în tempo maxim timp de 15". Se notează numărul maxim de rotaţii efectuate pe fiecare 5", care reprezintă puterea maximă anaerobă. Potrivit specialiştilor de la INMS „primele 5-10 secunde corespund evaluării calităţilor de forţă/viteză, dependente de sistemul ATP-CP sub aspect cantitativ (rezerve musculare) şi calitativ (viteza de transfer a energiei), precum şi de mobilizarea unui număr cât mai mare de unităţi neuromotorii. TTR 15 secunde exprimă posibilitatea de menţinere a intensităţii de lucru în condiţii de viteză (faza anaerobă alactacidă) şi este dependentă de forma sportivă" (A. Ionescu,2002).

Testul se reia după o oră, şi constă în pedalare maximă timp de 45". Acum se apreciază posibilităţile maxime de efort în condiţiile acumulării acidului lactic, deci în faza anaerobă lactacidă. Puterea maximă anaerobă înregistrată este semnificativă pentru eforturile care implică putere maximă, forţă maximă, rezistenţă viteză I şi II (RV I şi RV II) (tabelul 17.13).

TTR obţinut în ambele etape se raportează la greutatea corporală. Se utilizează o serie de formule, iar rezultatele se compară cu modelul biologic pentru sportul practicat (pe vârstă şi sex), apreciindu-se astfel nivelul de pregătire. Se acordă calificative.

Testul Bosco (testul de detentă verticală) a fost propus în anul 1983 pentru măsurarea forţei explozive a muşchilor membrelor inferioare în timpul unui salt vertical.

Pe o platformă de forţă, prevăzută cu un dispozitiv electronic, după o încălzire prealabilă, subiectul execută din poziţia ghemuit (şi revine în aceeaşi poziţie) un număr maxim de sărituri verticale, cu mâinile pe şolduri, timp de 15 secunde. Se înregistrează:

– numărul de sărituri efectuate (Ns);
– timpul de contact cu platforma (Tc);
– timpul de desprindere, de plutire (Td).

Cu aceste date se poate calcula puterea maximă anaerobă, după următoarea formulă:

$$P = g \times Td \times Tt/4 \times Ns \times Tc$$

$$P = g \times Td \times 15/4 \times Ns \times (15 - Td)$$

unde

P = puterea anaerobă exprimată în waţi;
g = acceleraţia gravitaţională ($g = 9{,}81\ m/s^2$) ;
Td = timpul de desprindere;
Tt = timpul total (15 secunde);
Ns= număr sărituri.

Testul are o fidelitate de 0,95 şi poate fi, pentru anumite probe sportive, mai specific decât testele efectuate la cicloergometru.

***Tabelul 17.13 – Profilul energetic al eforturilor** (Canada)*

REZITENTA ANAEROBICA →

← REZITENTA AEROBA

	Pmax Vmax Fmax	Rv I	Rv II	Rv III	RASD Rez. aeroba de scurta durata	RAMD Rez. aeroba de durata medie	RALD I Rez. aeroba de lunga durata I	RALD II Rez. aeroba de lunga durata II
A CALITATI FUNCTIONALE	Pmax Vmax Fmax	RV I	RV II	RV III	RSD	RMD	RLD I	RLD II
B DURATA	0 sec, 5 sec	10 sec	20 sec, 30 sec	45 sec, 60 sec	2 min, 3 min, 4 min, 5 min	10 min	30 min, 60 min	90 min
C AEROB%	0, 5	15	20	30	50, 70	90	95, 92	99, 100
ANAEROB%	100, 95	55	80	70	50, 30	10	5, 2	1, 0
D SISTEM ENERGETIC	ANAEROS ALACTIC	MIXT / ANAEROS LACTIC	ANAEROS LACTIC	MIXT	AEROB			
E INTENSITATE	Mxima			Foarte ridicata	Ridicata	Moderata		Joasa
SPORTURI CICLICE	SARITURI	100m	200m	400m	800m, 1500m		CROS	MARATOM
	SARITURI INOT		INOT 50m	INOT 100m	INOT 200m, INOT 400m	INOT 800m	INOT 1500m	SKI FOND
	ARUNCARI							
	LUPTE SCRIMA	BASKET		BASEBAL				
SPORTURI ACICLICE	HOKEY portar			HOKEY atacanti	HOKEY pe iarba			
	BOX Golf Fotbal			Tenis	BOX			

Testul Wingate a fost creat de cercetătorii Institutului Wingate din Israel la începutul anilor '70 şi este în prezent una dintre cele mai utilizate probe pentru testarea puterii anaerobe lactacide.

Acesta constă în efectuarea la cicloergometru a unui efort de pedalare cu viteza maximă posibilă, timp de 30 s.

După 3-4 secunde de pedalare se fixează o rezistenţă de frânare constantă, reglată în funcţie de vârsta şi greutatea corporală a individului şi de tipul cicloergometrului: este de cca 45g/kgcorp, când se foloseşte cicloergometrul Fleisch sau de cca 75 g/kgcorp, când efortul este efectuat pe cicloergometru Monark.

Tabelul 17.14 – Cerinţele unor sporturi sau ramuri sportive pentru evaluarea puterii anaerobe

Calificativ	Travaliu total realizat/sport sau probă sportivă	
	la 5 sau 10 secunde	la 45 secunde
Excelent	ciclism - velodrom	
Foarte bine	atletism (aruncări, sprint, sărituri), box, canotaj, caiac-canoe, ciclism pe şosea, haltere, jocuri sportive, patinaj viteză, tenis de câmp şi de masă	biatlon, canotaj, caiac -canoe, ciclism, jocuri sportive, patinaj viteză
Bine	atletism (alergări pe distanţe mijlocii şi lungi), biatlon, bob, călărie, decatlon, gimnastică, înot, judo, lupte, patinaj artistic, pentatlon modern, schi, scrimă	atletism (cu excepţia alergărilor de distanţă), bob, box, judo, haltere, înot, lupte, patinaj artistic, pentatlon modern, schi, tenis
Mediu	sărituri în apă, sărituri cu schiurile, tir	atletism (alergări de distanţă), călărie, gimnastică, popice, sărituri în apă, scrimă, tir

Tabelul 17.15 – Interpretare Test Bosco (valori exprimate în wa□i)

Calificativ	Bărbaţi	Femei
Slab	25	22
Bun	25 - 30	22 - 25
Foarte bun	30 - 35	26 - 30

Se recomandă utilizarea a trei indicatori de performanţă:

• puterea medie anaerobă, reprezentată de media aritmetică pe cele 30 de secunde de efort maximal, care reflectă capacitatea glicolitică, exprimată prin formula:

$$P\ (\text{waţi}) = Fp(30s) \times D \times F$$

unde

P = puterea medie;

Fp = frecvenţa de pedalare;

D = distanţa pe un tur de pedală;

F = forţa.

În medie, puterea maximă anaerobă calculată de cercetătorii Institutului Wingate este de cca 6,8 w/kgcorp la copiii sub 10 ani, 8w/kgcorp la 12 ani şi atinge 9 w/kgcorp la peste 18 ani.

• puterea maximă anaerobă reprezintă cea mai mare valoare a puterii mecanice înregistrată pe o perioadă de 5 secunde, exprimată prin formula:

$$P\ (\text{waţi}) = Fp\ (5s) \times D \times F$$

• indicele de oboseală (IO) reprezintă raportul dintre declinul puterii pe parcursul efortului şi puterea maximă înregistrată în cursul aceluiaşi efort:

$$IO\ (\%) = P_{max} - P_{min}/P_{max} \times 100$$

unde
P_{max} = puterea maximă
P_{min} = puterea minimă
Valorile înregistrate sunt în strânsă corelaţie cu performanţele obţinute în sporturile cu predominanţă anaerobă.

Testul de forţă - viteză pe bicicleta ergometrică măsoară puterea anaerobă alactacidă. Subiectul pedalează timp de câteva secunde cu viteză maximă, după care mişcarea este brusc frânată printr-o rezistenţă puternică.

b) Teste de teren pentru evaluarea capacităţii anaerobe de efort

Măsurarea indirectă a puterii maxime prin teste de efort efectuate pe teren, ridică o serie de probleme:

a) durata testului trebuie să fie foarte scurtă, pentru ca puterea măsurată să fie într-adevăr maximă; puterea maximă scade rapid când efortul se prelungeşte (Kyle & Caizzo, 1986);

b) producerea unei puteri maxime reale necesită condiţii optime de forţă şi viteză;

c) durata testului fiind foarte scurtă, participarea metabolismelor anaerob lactacid şi aerob este limitată; la o activitate supramaximală de durată foarte scurtă (1 – 5 secunde) este solicitat metabolismul anaerob alactic.(H. Monod at al., 2007).

Toate acestea sunt dovezi că în realitate se explorează valoarea maximă a puterii mecanice externe, pe care subiectul este capabil să o producă, şi nu puterea maximă anaerobă.

Cunoaşterea puterii maxime mecanice este foarte importantă în evaluarea aptitudinii pentru o serie de probe de durată scurtă, executate cu intensitate supramaximală, de la aruncarea suliţei şi până la o cursă de 400 m. Antrenamentele pentru dezvoltarea puterii, vizează creşterea intensităţii efortului şi se bazează pe utilizarea rapidă a unei cantităţi mari de ATP. Fenomenul se produce mai ales la nivel celular.

Testele indirecte de teren evaluează:

A. Filiera anaerobă alactacidă (sistemul fosfagenelor) prin:
– teste de detentă verticală (forţa explozivă): Sargent, squat jump etc.;
– teste de viteză, sprint pe 25 – 40 m cu start de jos sau lansat.

B. Sistemul glicolitic anaerob lactic prin probe de alergări:
– de la 30 – 50 sec. sau pe distanţa de 200 – 300m (puterea anaerobă lactică);
– pe distanţa de 300 – 500m (anduranţa sistemului anaerob lactic);
– pe distanţa de 500 – 800m (capacitatea anaerobă lactică).

Testele de detentă sunt numeroase şi se aplică după diverse protocoale, în funcţie de nivelul şi evoluţia calităţilor motrice ale subiectului evaluat.

Testul Sargent reprezintă tehnica originală de detentă verticală, care măsoară forţa explozivă; evaluează puterea maximă anaerobă. După o încălzire prealabilă, subiectul execută trei sărituri maxime (membrele superioare sunt în poziţie verticală) şi se măsoară detenta în centimetri. Se reţine cea mai mare valoare şi se aplică formula:

$$P = 4{,}95 \times G \times D$$

unde
P = puterea maximă anaerobă exprimată în Kg/sec;
G = greutatea corporală;
D = detenta în centimetri.
Rezultatele se apreciază după scala Dal Monte, 1988 (tabelul 17.16) .

Tabelul 17.16 – Scala de evaluare Dal Monte

Calificativ	15 - 20 ani		20 - 30 ani		30 - 40 ani	
	Bărbaţi	Femei	Bărbaţi	Femei	Bărbaţi	Femei
Slab	< 113	< 92	< 106	< 85	< 85	< 65
Satisfăcător	113 - 149	92 - 120	106 - 139	85 - 111	85 - 111	65 - 84
Mediu	150 - 187	121 -151	140 - 175	112- 140	112 - 140	85 - 105
Bine	188 - 224	151- 182	176 - 210	141- 168	141- 168	106 -125
Foarte bine (excelent)	>224	>182	>210	>168	>168	>125

Testul squat jump este o variantă a testului Sargent, considerată cea mai pură probă de detentă verticală. Subiectul din poziţia stând, cu mâinile pe umeri (poziţie pe care o menţine câteva secunde), flectează rapid genunchii şi execută mai multe sărituri. Se reţine cea maximă, care se măsoară în cm.

Proba Abalakov utilizează acelaşi protocol ca şi testul precedent, numai că se efectuează cu îngreunare (se aplică greutăţi pe umerii subiectului).

2. Explorări paraclinice

a) Măsurarea lactatului sanguin constituie un indicator metabolic biochimic al anduranţei anaerobe lactice; obiectivizează efortul efectiv şi permite predicţia performanţei.

În funcţie de concentraţia acidului lactic în sângele capilar se stabileşte toleranţa la acidoză (utilizată în dirijarea antrenamentelor):

- peste 12 mmoli/l = toleranţă cu şanse reduse de creştere a rezistenţei anaerobe pe plan metabolic;
- 8-12 mmoli/l = toleranţă bună;
- sub 8 mmoli = toleranţă care semnifică rezerve bune pentru antrenamentul la pragul anaerob.

Valorile sunt orientative, s-a constatat că mai mult lactat înseamnă mai multă energie furnizată muşchilor, deci o adaptare mai rapidă la necesarul energetic.

Acidul lactic poate fi determinat şi după o testare la cicloergometru, după un protocol stabilit de INMS, pe baza testului TTR. Înainte de începerea probei se recoltează o priză de sânge. Se efectuează apoi un efort maximal la cicloergometru timp de 15-20"; după 6 minute se recoltează o nouă probă de sânge. Urmează o pauză de 30 minute, după care sportivul efectuează un efort maximal cu o durată de 35"; o nouă pauză de 6 minute şi a treia recoltare de sânge.

După determinarea lactatului se poate calcula indicele alactacid Szogy (IA) pe baza formulei:

$$IA = \frac{\dfrac{\%\ kg\ după\ 15-20''}{\%\ kg\ după\ 35''}}{\dfrac{\%\ lactat\ a\ doua\ priză}{\%\ lactat\ a\ treia\ priză}}$$

Cu cât indicele este mai mare, cu atât rezervele alactacide sunt mai mari.

b) Biopsia musculară evidenţiază la practicanţii sporturilor anaerobe (halterofili, atleţi-probe de sprint, sărituri, aruncări etc.) un procent crescut de fibre albe (tip IIb-fast fatigable twitch). Acestea sunt formate din celule foarte mari, care conţin puţină sarcoplasmă, multe miofibrile, puţine mitocondrii şi capilare (vezi tabelul 10.1); au rezerve mari de glicogen şi enzime pentru producerea energiei pe cale anaerobă alactacidă şi lactacidă (rata aerobă este scăzută, rata glicolitică şi sistemele tampon sunt crescute).

Tot prin biopsie musculară se măsoară: activitatea enzimei cheie a glicolizei anaerobe (fosfofructokinaza), ATP-aza, miokinaza, fosforilaza. Există tendinţa ca biopsia musculară să fie considerată o metodă directă, prin care să poată fi validate testele indirecte.

c) Rezonanţa magnetică este o metodă imagistică valoroasă, care oferă rezultate fidele, incontestabile prin măsurarea concentraţiei compuşilor macroergici (ATP, fosfocreatină) şi a enzimelor intramusculare implicate în efort. Pare a fi investigaţia ideală de apreciere a capacităţii anaerobe, dar utilizarea ei este limitată scopului de cercetare ştiinţifică, datorită preţului ridicat.

Specialiştii domeniului consideră că deşi sunt validate, metodele utilizate pentru determinarea potenţialului anaerob sunt controversate, pentru că au fiabilitate redusă, iar posibilităţile de estimare modeste. Este cazul măsurării lactatemiei într-o probă de sprint, de calculul excesului consumului de oxigen după un exerciţiu maximal, utilizarea deficitului maxim de oxigen acumulat (DMOA), propus de Medbe et al. (1988), testul Wingate şi de testul puterii motrice maxime anaerobe. Wilmore & Costill (2007) susţin că în ciuda limitelor fiecăreia dintre aceste metode, ele reprezintă indicatori siguri ai potenţialului anaerob.

BIBLIOGRAFIE

1. **Albertsson, W. et al.,** 1999, Effect of grouth hormone (GH) during puberty in GH deficient children: preliminary results from angoing randomized with different dose regimens. Acta Paediatrica supplement, 428: 80–84.
2. **Aoyagi, J. şi R.,** Shephard, 1992, Aging and muscle function, Sports Medicine, 14, 376-96.
3. **Ardle, Mc. et al.,** 2006, Exercise Physiology: Energy, Nutrition and Human Performance, six edition, Lippincott Williams & Wilkins.
4. **Arlet, J. şi Mole, J.,** 1991, Traitement physiques des rhumatismes, Paris, Masson.
5. **Åstrand, P. et al.,** 1994, Précis de physiologie de l'éxércice musculaire, Paris, Masson.
6. **Bârlogeanu, L,** 2004, Antropologie sub semnul valorii: deschideri spre artă şi fenomenul educaţiei, Bucureşti, Trei.
7. **Bell, G. şi Wenger, H.,** 1992, Physiological adaptation to velocity-controlled resistance training, Sports Medicine, 13:234-244.
8. **Billat, V.,** 2001, Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Part 1: Aerobic Interval Training, Sports Medicine, 31: 13 – 31.
9. **Billat, V.,** 2001, Interval training for performance: a scientific and empirical practice. Part 2: Anaerobic Interval Training, Sports Medicine, 31: 75 – 90.
10. **Billat, V.,** 2003, Physiologie et métodologie de l' entraînement, de la théorie á la pratique, 2 – ème édition, Paris, De Boeck.
11. **Blowin, M. et al.,** 1995, Dictionnaire de la réadaptation, tome 1- terme technique d' évaluation , Quebec: Les publications du Quebec.
12. **Bompa, T. şi Carrera, M.,** 2006, Periodizarea antrenamentului sportiv: planuri ştiinţifice pentru forţă şi condiţie fizică pentru 20 de discipline, Ediţie şi traducere în limba română, Anton, Moraru, Bucureşti, Tana.
13. **Borms, J. şi Van Roy, P.,** 1996, Flexibility in Kinantropometry: Tests, procedures and dates, London E & FN Spon.
14. **Bota, A.,** 2007, Kineziologie, Bucureşti, Didactică şi Pedagogică, R. A.
15. **Bota, C.,** 2000, Fiziologie, Bucureşti, Globus.
16. **Bouchard, C. et al.,** 1992, Geriatric of aerobic and anaerobic performances, Exercise and Sport, Sciences Reviews, 20, 28 – 58.
17. **Brettschneider, W-D şi R, Naul (coord.),** 2004, Study on young people' s lifestyles and sedentariness and role of sport in the context of education and as a means of restoring the balance, Final Report, Paderborn.

18. **Briand, D şi F. Bonnel,** 1994, La marche humaine et sa pathologie, Paris, Masson.
19. **Brown, E. D. şi R. D. Neumann,** 2004, Orthopedic secrete, Elsevier.
20. **Brunet, E. et al.,** 2006, Médecine du sport 7– ème édition, Paris, Masson.
21. **Cairns, S. P.,** 2006, Lactic acid and exercise performance: culprit or friend?, Sports Medicine, 36 (4):279-91.
22. **Canal, M.,** 2005, La souplèsse, Elsevier, Journal de Traumatologie du Sport, nr. 22.
23. **Carzola, G. et al,** 2001, Lactate et exércices: mythes et réalités, STAPS, 54: 63-76.
24. **Clarke, D.,** 1975, Exercise physiology, PRENTICE- HALL of USA, INC., Englewood Cliffs.
25. **Codine, Ph. et al.,** 1995, La raideur articulaire, Paris, Masson.
26. **Cordun, M,** 1999, Postura corporală normală şi patologică, Bucureşti, ANEFS.
27. **Cordun, M.,** 1999, Kinetologie medicală, Bucureşti, Axa.
28. **Costill, D, L, et al.,** 1994, La natation, Paris, Vigot, Collection Sport + Enseignement.
29. **Cottreau, S,** 2003, Bien-être et Jogging (L'énciclopédie Pratique du Jogging 2), Paris, Masson.
30. **De Hillerin, P.,** 1999, Creşterea eficienţei actelor motrice prin utilizarea protezării tehnico-informaţionale, Teză de doctorat, Bucureşti, ANEFS.
31. **Dragnea, A. et al.,** 2008, Pregătire sportivă teoretică, Bucureşti, CD PRESS.
32. **Dragnea, A. şi S. Mate,** 2002, Teoria sportului, Bucureşti, FEST.
33. **Dragnea, A.,** 1984, Măsurarea şi evaluarea în educaţie fizică şi sport, Bucureşti, Sport- Turism.
34. **Dragnea, A.,** 1991, Teoria şi metodica dezvoltării calităţilor motrice, Bucureşti, MTS.
35. **Drăgan, I.,** (coord.), 2002, Medicina sportivă, Bucureşti, Medicală.
36. **Drăgan, I. şi A. Rosetti,** 1989, Îndrumar de lucrări practice, Bucureşti, Litografie, IMF.
37. **Drăgulescu, D., Toth, M., Traşcău şi D., Stanciu,** 2001, Kinematic and dynamic study of human lower limb, Proceedings of lased, Conference , Robotics &Applications, USA, Tampa.
38. **Easton, R. şi Relly, Th.,** 2009, Kinanthropometry and execise physiology laboratory manual, tests, procedures and data, volume 1: Anthropometry, 3 rd edition , London and New York , Routledge, Taylor & Francis Group.
39. **Easton, R. şi Relly, Th.,** 2009, Kinanthropometry and execise physiology laboratory manual, tests, procedures and data, volume 2: Physiology, 3 rd edition , London and New York , Routledge, Taylor & Francis Group.
40. **Epuran, M,** 2005, Metodologia cercetării activităţilor corporale, Bucureşti, FEST.
41. **Faller, A. et al.,** 2006, Le corp humaine, 5-ème édition française, Bruxelles, De Boeck.
42. **Faller, A. et al.,** 2006, Le corps humaine, 5- ème édition, Paris, De Boeck.
43. **Foran, B.,** 2001, Sports & Recreation, Human Kinetics, USA.

44. **Fourré, M.,** 2003, Le karaté, préparation physique et performance, collection entraînement, Paris, INSEP Publications.
45. **Fox, E. şi Mathews, D.,** 1984, Bases physiologiques de l'activité physique, WB, Philadelphia, Saunders Company.
46. **Fox, E. şi Mathews, D.,** 1986, Interval Training, Vigot, Paris.
47. **Gagea, A.,** 2006, Biomecanică aplicată, Bucureşti, ANEFS.
48. **Gallien, Cl-L,** 1998, Homo – Histoire plurielle d'un genre très singulier, Presses Universitaires de France.
49. **Gilles, Cl. şi Bukley, A.,** 2007, Artificial gravity, New York, Springer.
50. **Gindre, C.,** 2005, Courir en harmonie, France, Volodalen.
51. **Goldcher, A. şi Nataf, E.,** 2002, Podologie du sportif, Paris, Masson.
52. **Grealy, M. A et al.,** 2004, Judgxing time intervals using a model of perceptuo-motor control, UK, Journal of Cognitive Neuroscience, 16, 1185-1195.
53. **Grimshaw, P. et al.,** 2007, Sports & Exercise Biomechanics, Taylor & Francis Group, Cromwell Press Ltd.
54. **Hăulică, I.,** 1989, Fiziologie umană, Bucureşti, Medicală.
55. **Herzenberg, J., E. et al.,** 1994, Mechanical distraction for treatement of severe knee flexion contractures, New York, Clinical Orthopaedics and Related Research.
56. **Homenkov, L. S,** 1977, Atletism, Bucureşti, Sport – Turism.
57. **Housset, B.,** 2003, Pneumologie, 2- ème édition, Paris, Masson.
58. **Ifrim, M,** 1986, Antropologie motrică, Bucureşti, Ştiinţifică şi Enciclopedică.
59. **Jaffrin, M. Y.,** 2008, Measurements of total body water with a foot – to – foot impedancemeter, Elsevier Publishing, 30, 483 – 489.
60. **Kahn, Mf. et al.,** 1998, L'actualité rhumatologique, Expansion Scientifique Française, Paris.
61. **Kirölainen, H., Belli, A., şi Komi, P., V.,** 2001, Biomechanical factors affecting running economy, Medicine Science Sports Exercises, 33, 1330 – 1337.
62. **Leboeuf, F. et al,** 2006, EMC, Podologie, Elsevier Publishing SAS, 27-020-A-20.
63. **Lee, H. et al.,** 2008, Effects of trunk exertion force and direction on postural control of the trunk during unstable sitting, Elsevier, Clinical Biomechanics, 23, 5: 505-509.
64. **Lichtenbelt, W. D. V. et al.,** 1994, Body water compartments. Validation of biomedical impedance measurements as a method to estimate, AmericanJournal of Clinical Nutrition, 60 N2, 159-166.
65. **Luc Cayla, J. et al.,** 2007, Manuel pratique de l'enraînement, Paris, Amphora.
66. **Macovei, S.,** 1999, Gimnastica ritmică şi supleţea, Bucureşti, ANEFS.
67. **Macrae, I. F. et Wright, V.,** 1969, Mesurements of back movements, London, Annals of the Rheumatic Diseases, 28:584-589.
68. **Mano, R.,** 1994, Les bases de l'entraînement sportif, Paris, Revue EPS.
69. **Manos, M.,** 2008, Gimnastică ritmică de performanţă, Bucureşti, Bren.
70. **Marinescu, Gh.,** 1998, Copiii şi performanţa în înot, Bucureşti, INID. 57. Marinescu, Gh., 2003, Efort şi antrenament, Bucureşti, BREN.
71. **Mesure, S. et al.,** 2001, Posture pratique sportive et réeducation, Paris, Masson.

72. **Mesure, S.,** 2003, Posture: La néurophysiologie au service de la réeducation, Paris, Vichy.
73. **Mihăilescu, V.,** 2007, Antropologie, cinci introduceri, Bucureşti, Polirom.
74. **Milcu, Şt. şi C., Maximilian,** 1967, Introducere în antropologie, Bucureşti, Ed., Ştiinţifică.
75. **Monod, H., Flandrois, R., Vanderwalle, H.,** 2007, Physiologie du sport – Bases physiologiques des activités physiques et sportives, 6-ème édition, Paris, Masson.
76. **Mow, V, C. et al.,** 1990, Biomechanics of diartrodial joints, vol Işi II, New York, Springer Verlag.
77. **Nicpon, Miarieb, E. şi Katja, Hoehn,** 2007, Human anatomy & Physiology, Pearson Education.
78. **Niculescu, M.,** 2003, Metodologia cercetării ştiinţifice în educaţie fizică şi sport, vol. I şi II, Bucureşti, BREN.
79. **Pozzo, T.,** 1998, Sistèmes d'analyse du mouvement, École thématique CNRS, Marseille.
80. **Raţă, G. şi B., C., Raţă,** 2006, Aptitudinile în activitatea motică, Bacău, EduSoft.
81. **Robergs, R. şi S., Roberts,** 2000, Fundamental principles of exercise physiologiy for fitness, performance and health, Mc Graw-Hill, Boston.
82. **Roll, J. P. şi E., Ribot Ciscar,** 1998, Ago – antagonist muscle spindle inputs contribute together to joint movement coding in man, Amsterdam, Brain Research, 791(1 – 2): 167-76.
83. **Sapega, AA,** 1990, Muscle performance evaluation in ortopaedic practice. The Journal of Bone and Joint Surgery, 72: 1562 – 1574.
84. Shephard, R., 1991, Handgrip dynamometry, Cybex maesurements and lean mass as markes of the aging of muscle function, British Journal of Sports Medicine, 25, 204-8.
85. **Sherwood, L.,** 2006, Physiologie humaine, Bruxelles, De Boeck.
86. **Steffen, T. M . et al.,** 2002, Age and gender – related test performance in comunity – dwelling elderly people: six minute walk – test, Berg Balance Scale Test, timed Up and Go Test and gait speeds, Physical Therapy, 82: 128 – 137.
87. **Susanne, Ch. et al.,** 2003, Anthropologie biologique: évolution et biologie humaine, Bruxelles, De Boeck.
88. **Şchiopu, V.,** 1997, Dicţionar de psihologie, Bucureşti, Babel.
89. **Şerbănoiu, S.,** 2002, Capacităţile coordinative în sportul de performanţă, Bucureşti, AFIR.
90. **Tailor, A. et al,** 2008, Physiology of exercise and health aging, Windsor:Human Kinetics, USA.
91. **Thacker, S. B. et al.,** 2004, The impact of stretching on sports injury risck, Medical Science Sports Exercises, New York.
92. **Thiebauld, Ch. et al.,** 2005, Le sport après 50 ans, Bruxelles, De Boeck.
93. **Tocitu, D.,** 1996, Teză doctorat „Caracteristici biochimice ale efortului în funcţie de natura proceselor energetice", Bucureşti, Facultatea de Biologie.

94. **Tudor, V.,** 2005, Măsurare şi evaluare în Cultură Fizică şi Sport, Bucureşti, Alfa.
95. **Tudos, Şt.,** 2001, Perspective actuale în psihologia sportului, Bucureşti, Globus.
96. **Tudos, Şt.,** 2004, Generare şi regenerare psihică. Principii, legităţi, soluţii, Bucureşti, SPER.
97. **Ţifrea, C.,** 2002, Teoria şi metodica atletismului, Bucureşti, Dareco.
98. **Viel, E. et al.,** 2000, La marche humaine, la course et le saut. Biomécanique, éxplorations, normes et dysfonctionnements, Paris, Masson.
99. **Wasserman, K.,** 2002, Cardiopulmonary exercise testing and cardiovascular health, USA, Wiley-Blackwelll.
100. **Watkins, M.,** 1993, Evalution of skeletal muscle performance, in Muscle Strengh, K., Harms-Ringdahl, London, Curchill Livingstone, 19-36.
101. **Weineck, J.,** 2003, Manuel d' entraînement 4- ème édition, Paris, Vigot.
102. **Willmore, J. H. et al.,** 2007, Physiology of sport and exercise, Human Kinetics, USA.
103. **Willmore, J. H. şi Costill, D. L.,** 1994, Physiology of sport and exercise, Human Kinetics, USA.
104. **Willmore, J. H. şi Costill, D. L.,** 2002, Health & Fitness, Bruxelles, De Boeck.
105. **Wilson, G., J. et al.,** 1994, Musculotendinous stiffnes: its relationship to eccentric, isometric and concentric performance, Journal of. Applied, Physiology, 76, 2714-2719.
106. **Winers, J., C. şi S., Woo, L., Y.,** 1990, Multiple muscule systems. Biomechanics and mouvement organization, New York, Springer Verlag.

CUPRINS

Prefaţă 5
Cuvânt – înainte..........7

Capitolul 1
CONCEPTUL DE ANTROPOLOGIE 11
1.1. Definiţia antropologiei 13
1.2. Ramurile antropologiei 13
1.3. Antropologia biologică 17

Capitolul 2
KINANTROPOMETRIA 19
2.1. Precizări terminologice 21
2.2. Aplicaţiile kinantropometriei 22

Capitolul 3
MĂSURĂTORI ANTROPOMETRICE 27
3.1. Somatometria 29
3.1.1. Generalităţi 29
3.1.2. Instrumente şi aparate de măsurare antropometrică 30
3.1.3. Repere antropometrice 30
3.1.4. Tipuri de măsurători antropometrice 33
3.1.5. Relaţiile de proporţionalitate 38
3.1.6. Determinarea plicilor cutanate 41
3.1.7. Determinarea suprafeţei corporale 43
3.2. Fiziometria 45

Capitolul 4
AUXOLOGIA ŞI ANTROPOMETRIA ÎN DINAMICA VÂRSTELOR 47
4.1. Perioadele ontogenezei 49
4.2. Creşterea şi dezvoltarea corpului 50
4.2.1. Definiţii 50
4.2.2. Perioadele creşterii şi dezvoltării 51

4.2.3. Legile creşterii şi dezvoltării 53
4.2.4. Factorii care influenţează creşterea şi dezvoltarea 57
4.2.5. Fenomenul de accelerare seculară a creşterii (secular trend) 65
4.2.6. Secular trend şi performanţa motrică 67

Capitolul 5
ÎNĂLŢIMEA CORPULUI - INDICATOR AL CREŞTERII ŞI DEZVOLTĂRII FIZICE 69
5.1. Evoluţia înălţimii corporale în ontogeneză 71
5.2. Evaluarea înălţimii corporale 74
5.2.1. Metode directe *74*
5.2.2. Metode indirecte 74

Capitolul 6
GREUTATEA CORPORALĂ –
INDICATOR AL CREŞTERII ŞI AL DEZVOLTĂRII FIZICE 81
6.1. Evoluţia greutăţii corporale în ontogeneză 83
6.2. Evaluarea greutăţii corporale 85
6.2.1 Metode directe 85
6.2.2 Metode indirecte 86

Capitolul 7
COMPOZIŢIA CORPORALĂ 97
7.1. Structura compoziţiei corporale şi niveluri de organizare 99
7.1.1. Niveluri de organizare ale compoziţiei corporale 99
7.1.2. Componentele masei corporale 101
7.2. Metode de măsurare şi evaluare a compoziţiei corporale 107
7.2.1. Metode directe 107
7.2.2. Metode indirecte 108
7.2.2.1. Metode antropometrice 109
7.2.2.2. Alte metode 117

Capitolul 8
TIPURI CONSTITUŢIONALE 125
8.1. Definiţii 127
8.2. Clasificări ale tipurilor constituţionale 128
8.3. Tipurile constituţionale şi sportul 138

Capitolul 9
MOBILITATEA ARTICULARĂ ŞI SUPLEŢEA MIŞCĂRILOR 141
9.1. Definiţiile mobilităţii şi ale supleţei 143

9.2. Aspecte privind tipurile de articulaţii şi mobilitatea acestora 145
9.3. Metode antropometrice de măsurare şi evaluare a amplitudinii articulare 146
9.3.1. Metode directe 146
9.3.2. Metode indirecte 150
9.4. Modificări ale mobilităţii articulare 152
9.5. Calcularea coeficientului global funcţional de mobilitate 154

Capitolul 10
MUSCULATURA SCHELETICĂ ÎN CONDIŢII DINAMICE 157
10.1. Tipuri de fibre musculare 159
10.2. Tipuri de contracţii musculare 162
10.3. Forţa musculară 164
10.3.1. Generalităţi 164
10.3.2. Factorii care condiţionează forţa musculară 166
10.3.3. Măsurarea şi evaluarea forţei musculare 167
10.3.3.1. Testarea forţei musculare prin metode clasice 168
10.3.3.2. Testarea forţei musculare dinamice 170
10.3.3.3. Testarea forţei musculare statice 172
10.3.4. Dinamometria izokinetică 174
10.3.4.1. Evaluarea prin dinamometrie izokinetică 176
10.3.4.2. Recuperarea medicală prin dinamometrie izokinetică 178
10.4. Tonusul muscular 180
10.4.1. Definiţie 180
10.4.2. Măsurarea şi evaluarea tonusului muscular 181

Capitolul 11
POSTURA CORPORALĂ 183
11.1. Greutatea şi centrul de gravitaţie al corpului 185
11.2. Definiţia posturii 186
11.3. Coloana vertebrală 188
11.4. Poziţia ideală a piciorului 191
11.5. Scopul şi obiectivele examenului posturii 192
11.6. Măsurarea şi evaluarea posturii corporale 192
11.6.1. Metode directe 192
11.6.1.1. Metode subiective 192
11.6.1.2. Metode obiective 193
11.6.2. Metode indirecte 196
11.6.2.1 Măsurarea şi evaluarea posturii corporale în stare statică 196

11.6.2.2. Măsurarea şi evaluarea posturii corporale în condiţii dinamice 197
11.6.2.3. Evaluarea mobilităţii coloanei vertebrale 200
11.7. Examenul podoscopic şi podometria 203

Capitolul 12
METODE ŞI TEHNICI DE INVESTIGARE A ECHILIBRULUI....207
12.1. Factori privind condiţionarea echilibrului 209
12.2. Evaluarea echilibrului 210
12.2.1. Teste clinice de evaluare a echilibrului....210
12.2.2. Metode instrumentale 216

Capitolul 13
METODE ŞI TEHNICI DE INVESTIGARE A MERSULUI ŞI A ALERGĂRII....219
13.1. Mersul 221
13.1.1. Definiţie....221
13.1.2. Elemente şi parametri generali ai mersului....221
13.1.3. Analiza biomecanică 224
13.1.4. Evaluarea mersului 228
13.2. Alergarea 232

Capitolul 14
MĂSURAREA ŞI EVALUAREA FUNCŢIILOR PULMONARE....239
14.1. Etapele respiraţiei 241
14.2. Evaluarea funcţiilor pulmonare 243
14.2.1. Măsurarea debitelor şi a volumelor pulmonare mobilizabile....243
14.2.2. Măsurarea volumelor pulmonare nemobilizabile....249
14.2.3. Factori de variaţie ai parametrilor respiratori 250
14.2.4. Validarea şi interpretarea rezultatelor 251
14.2.5. Alte metode de evaluare a aparatului respirator....253

Capitolul 15
MĂSURAREA ŞI EVALUAREA FUNCŢIEI CARDIACE....255
15.1. Parametri Cardiaci 257
15.2. Metode de evaluare cardiovasculară 264
15.2.1. Probe funcţionale de efort 265
15.2.2. Alte metode de evaluare....270
15.2.3. Înregistrarea parametrilor cardiovasculari 272

Capitolul 16
METODE DE EVALUARE A CONSUMULUI ENERGETIC....275

16.1. Necesarul energetic pentru organismul uman......277
16.2. Consumul energetic. Noţiuni fundamentale......278
16.3. Valori şi estimări ale consumului energetic......281
16.4. Metode de determinare a consumului energetic......286

Capitolul 17

MĂSURAREA ŞI EVALUAREA CAPACITĂŢII DE EFORT......293
17.1. Capacitatea de efort a organismului......295
17.1.1. Generalităţi......295
17.1.2. Surse energetice......295
17.1.3. Metode, teste şi aparate pentru evaluarea capacităţii de efort......300
17.2. Capacitatea aerobă de efort......307
17.2.1. Generalităţi......307
17.2.2. Consumul maxim de oxigen......308
17.2.2.1. Factorii de variaţie ai consumului maxim de oxigen......312
17.2.3. Metode, teste şi aparate pentru evaluarea capacităţii aerobe de efort......317
17.3. Capacitatea anaerobă de efort......327
17.3.1. Generalităţi......327
17.3.2. Metode, teste şi aparate pentru evaluarea capacităţii anaerobe de efort......330

BIBLIOGRAFIE......337

Capitolul 12

[illegible]
12.1. Factori externi [illegible]
12.2. Evaluarea echilibrului [illegible]
12.2.1. Teste clinice de evaluare a echilibrului [illegible]

Capitolul 13

[illegible]
13.1. Mersul [illegible]
13.1.1. [illegible]
13.1.2. [illegible]
13.1.3. Analiza mersului [illegible]
13.1.4. [illegible]
13.2. Alergarea [illegible]

Capitolul 14

MĂSURAREA ȘI EVALUAREA FUNCȚIILOR PULMONARE [illegible]
14.1. Ecuația respirației [illegible]
14.2. Evaluarea funcțiilor pulmonare [illegible]
14.2.1. Măsurarea debitelor și volumelor pulmonare mobilizabile [illegible]
14.2.2. Măsurarea volumelor pulmonare nemobilizabile [illegible]
14.2.3. Factori de variație ai parametrilor respiratori [illegible]
14.2.4. Validarea și interpretarea rezultatelor [illegible]
14.2.5. Alte metode de evaluare a aparatului respirator [illegible]

Capitolul 15

MĂSURAREA ȘI EVALUAREA FUNCȚIEI CARDIACE [illegible]
15.1. Parametri Cardiaci [illegible]
15.2. Metode de evaluare cardiovasculară [illegible]
15.2.1. Probe funcționale de efort [illegible]
15.2.2. Alte metode de evaluare [illegible]
15.2.3. Înregistrarea parametrilor cardiovasculari [illegible]

Capitolul 16

METODE DE EVALUARE A CONSUMULUI ENERGETIC [illegible]

Prof. Univ. Dr. Mariana Cordun

Facultatea de Medicină Generală Bucureşti
Medic specialist Balneofizioterapie şi Recuperare medicală
Medic primar Medicină Sportivă
Doctor în Ştiinţe Medicale, UMF Bucureşti
Şef Catedră Discipline Medicale (2000-2002)
Decan al Facultăţii de Kinetoterapie din ANEFS (2002-2008)
Întreaga ierarhie didactică de la asist.univ. şi până la profesor universitar a fost parcursă la Academia Naţională de Educaţie Fizică şi Sport Bucureşti.

Autor şi prim autor a 9 cărţi, tratate, monografii, cursuri de specialitate şi a peste 120 lucrări publicate în volumele manifestărilor ştiinţifice susţinute la Bucureşti, Timişoara, Iaşi, Oradea, Braşov, Sinaia, Cluj-Napoca, Belgrad, Chişinău, Lausanne, Sofia, Helsinki, Innsbruck, Praga, Cairo, Oslo etc. şi în reviste de specialitate din ţară şi din străinătate.

Referent ştiinţific al Revistei Române de Kinetoterapie şi adjunct de redacţie al Revistei Europene de Kinetoterapie / Mannheim Germania ; membru în Comitetului Ştiintific al unor Congrese şi Conferinţe naţionale, balcanice şi mondiale pe probleme de educaţie fizică şi kinetoterapie; moderator la sesiuni ştiinţifice naţionale şi internaţionale.

Membru în colective de cercetare: granturi CNCSIS (susţinute financiar de Banca Mondială şi Guvernul României), proiecte interguvernamentale şi ale Academiei de Ştiinţe Medicale, Ministerului Învăţământului, Ministerului Cercetării şi Tehnologiei etc.

Premiul şi Diploma „Florin Ulmeanu" pentru Creaţie Ştiinţifică acordate în 2000 de către Comitetul Olimpic Român şi Academia Olimpică Română pentru monografia „Kinetologie medicală". Diploma de merit pentru activitatea de cercetare ştiintifică acordată de Academia Olimpică Română-Filiala Timişoara şi Institutul European de Cercetări Mannheim,Germania (2000); Premiul Bucur pentru cercetare acordat de Academia Olimpică Română-Filiala Timişoara şi Institutul European de Cercetări Mannheim, Germania (2002 şi 2003).

Membru USSM Medicină Sportivă, al Consiliului Ştiinţei Sportului din România etc.

Membru Who's Who in Romania-2002 şi Who's Medical in Romania-2006.



ISBN 978-606-528-030-4